

カンボジア国

**カンボジア国  
螺旋式マイクロ水力発電機による  
無電化・電力不足地域への電力支援  
基礎調査**

**業務完了報告書**

平成 30 年 1 月  
(2018 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

加茂鉄工業協同組合

|        |
|--------|
| 国内     |
| JR     |
| 18-008 |



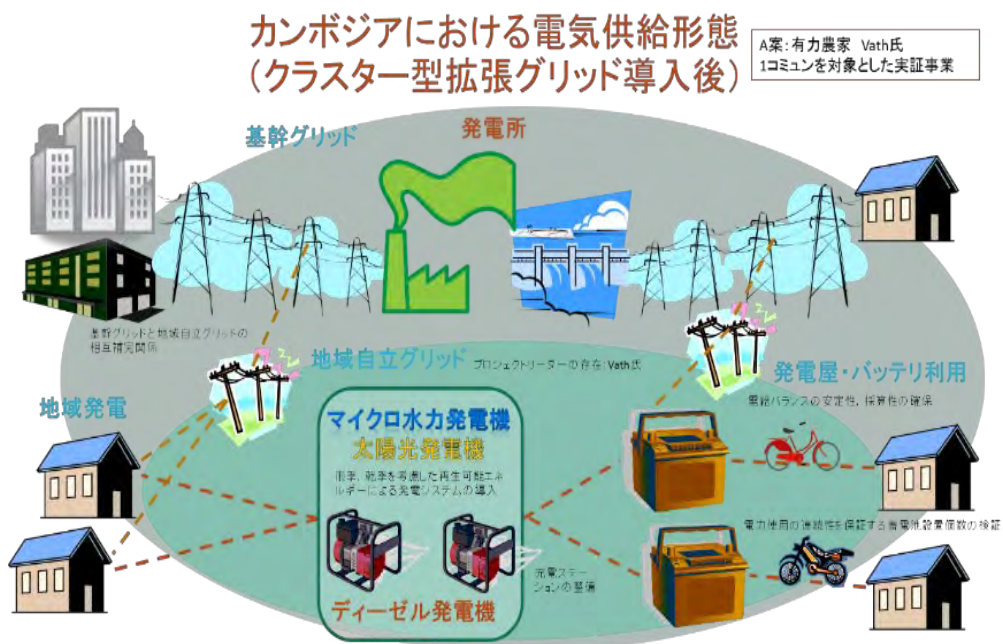
写真

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| <p>発電機設置のための仮設工事</p>                                                                | <p>設置した螺旋式小水力発電機</p>                                                                 |
|    |    |
| <p>設置された発電機とバナー</p>                                                                 | <p>オロミスレストランでの発電機譲渡式</p>                                                             |
|  |  |
| <p>JICA カンボジア事務所での打ち合わせ</p>                                                         | <p>センモノロム市庁舎での打ち合わせ</p>                                                              |
|  |  |
| <p>カンボジア電力会社農村電化資金部での情報収集</p>                                                       | <p>カンボジア・イオン特別銀行での情報収集</p>                                                           |

## 要 旨

### 1. 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

- (1) 近年順調な経済発展を続けるカンボジア国にあって、産業や国民生活の基盤となる電力供給は重要な課題である。カンボジア国政府の努力や国際協力機構などの支援(例えば 2008 年に完了したモンドルキリ州小水力地方電化計画)によって電力供給網や供給量は改善されている。しかしながら特に地方においては、無電力地域が散在するとともに、近隣諸国からの電力購入により高い電気代単価に不満を持つ住民が多い。電化率と利用率を高めるためには、電力網の拡張とともに、農村部にある地域資源を活用した地域分散型のエネルギーシステム(下図参照)の導入が求められている。



- (2) このような状況下で、同国政府は四辺形戦略に基づいて、「国家戦略開発計画 (NSDP) フェーズⅢ2014-2018」を策定し、運輸、電力、灌漑、IT 技術などのインフラ整備投資に重点を置くとともに、観光振興を謳っている。電力セクターについては、①供給力の確保、②低廉な電気料金、③電力関係機関の強化と能力開発、に重点を置くこととしている。また 2011 年には、「地方電化促進戦略計画」が策定され、①2020 年までにバッテリー照明を含め村落電化率 100%、②2030 年までにグリッド品質の電気により少なくとも世帯電化率 70%を達成することとしている。
- (3) カンボジア国の電力消費量は 2015 年には約 50 億 KWH となっており、5 年間に倍増した。その内訳を見ると水力発電 34.5%、石炭・ディーゼル火力発電 39.7%により 74.2%をカンボジア国内で賄い、残る 25.8%をベトナムとタイから輸入している。政府による電力供給のためのインフラ整備(送電線・変電所の建設等)は急速に進んでいるが、まだ不十分である。都市部では供給電力が需要の 82.5%を占めているのに対し、郡部では 9.3%と低く、照明は灯油ランプ、調理は薪に頼っている。
- (4) 地域への電力供給事業に当たるカンボジア電力会社 (EDC) は、主に高・中電圧電力網の整備に取り組み、国際協力機構でも支援を展開している所である。農村電化事業は EDC 内の農村電化資金部が貧困家庭電化支援事業や太陽発電支援事業などを通して実施している。しかしながら、小

規模水力発電機による電化支援は行われていない。モンドルキリ州は隣接するラタナキリ州と同様に山岳地域に位置し、降雨量も多く、小水力発電には適した自然環境条件を備えており、再生可能エネルギー利用推進の観点からも小水力発電は有効な手段である。

- (5) モンドルキリ州の州都センモノロム市の開発課題として、慢性的な電力不足と送電線から外れている無電化村の存在があげられる。センモノロム市内は電力網による電力供給が拡大しているが、中心部から離れた地域や少数民族が居住する山間部の農村はそのほとんどが無電化村であり、それら地域にどのように電気供給するかが課題となっている。
- (6) 電力供給により、照明の設置による生活の質の改善のみならず、コーヒーや胡椒などの地場産業の振興、センモノロム市が推進しているエコツーリズムの振興、更には電力事業に係る雇用の増大など、地域産業への貢献が期待されている。

## 2. 我が国中小企業等が有する製品・技術の分析

加茂鉄工業協同組合は加茂商工会議所と連携し、中小企業の共同受注グループ「Tech x Tech KAMO」を組織し、産学連携事業として石川県立大学の瀧本教授の指導を仰ぎ、マイクロ水力発電機の共同開発事業に取り組んできた。このマイクロ水力発電機は、以下の特徴を備えている。

- (1) 他社製品と比較し、低落差・低水量でも高効率の発電が可能
- (2) 螺旋型の羽根によってゴミを容易に流下せしめ、メンテナンスが容易
- (3) 100 kg以下の軽量製品のため可搬性に優れ、大規模な設置工事が不必要
- (4) ソーラーとのハイブリッド化により、昼夜、乾季・雨季を問わず発電が可能

2017 年 5 月にセンモノロム市近郊にあるオロミスレストランに設置した発電機(写真参照)は、太陽光発電も併存するハイブリッド型に改良したものである。乾季の水量の少ない時期でも発電が可能となり、カンボジア国では初の試みであった。

設置以降、発電状況をモニタリングした結果、以下のような成果を発現した。



オロミスレストランに設置した発電機

| 項目       | 実測    | 最大(予測)    | 単位        |
|----------|-------|-----------|-----------|
| 発電量(水力)  | 1.085 | 2.4       | KWH/1 日   |
| 発電量(太陽光) | 0.306 | 0.64      | KWH/1 日   |
| 総発電量     | 1.391 | 3.04      | KWH/1 日   |
| 総発電額     | 0.261 | 0.57      | US ドル/1 日 |
|          |       | (64.41 円) | (日本円/1 日) |

※0.57US ドル/1 日×365 日＝208.05US ドル/年 (約 23,508 円)

水力発電量の実測は 1.085KWH/1 日だが、設置した個所には十分な水流があるため水門のゲート調整により 2.4KWH/1 日。太陽光発電量の実測は 0.306KWH/1 日だが、レストラン敷地内の別の個所に移動することにより 0.64KWH/1 日までそれぞれ発電量を増やすことが可能である。また複数台の発電

機を増設することでより多くの発電をすることは十分可能であり、ハイブリッド型にすることにより水量の少ない乾季でも安定して約 3KWH/1 日の発電が可能となる。

通関費や輸送費、設置経費等々を含めた製造コストは 124 万円/台 (P28 参照) だが、コスト削減、複数台受注により 80 万円/台 (≒7, 080 ドル) と仮定した場合、資金回収期間は約 34 年となる。

### 3. 中小企業等が有する製品・技術等の ODA 事業における活用可能性等の分析

- (1) 大規模な事業費や設置工事がなくても電力を得られることから、特に農村電化には有効な製品・技術である。前述の通りメンテナンスも容易であり、他国製製品より長期間の運用が可能である。水流がある高原地域であれば、地域住民への電力供給が実現でき、生活の質の向上をもたらす。
- (2) 既に設置した通り、太陽光発電とのハイブリッド化により、乾季にも対応可能となり、年間を通じた発電が実現できる。
- (3) エコツーリズムを積極的に推進しているモンドルキリ州やセンモノロム市である。近くに溪流を有するレストランやホテルであれば、本水力発電機やハイブリッド型発電機システムを導入することで、再生可能エネルギーを活用したエコツーリズムの更なる推進とともに、長期的な電力経費の削減にも資することとなる。オロミスレストランに設置した本ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機システムを、より多くのホテル等観光関連業者に理解してもらうことで、地域産業の振興にも貢献しうる。
- (4) カンボジア国内での販売には、製品と性能の紹介が不可欠である。中国製やベトナム製などの製品は口承発電容量と実発電容量には大きな差があることや、ベアリングなどの水中で作動する部品の故障が多いという不満を聞くことが多い。このような状況において、加茂製のハイブリッド型発電システムを販売につなげるには、発電状況や性能を実際にカンボジアの人たちに見てもらうことが重要であると考え、2017 年 5 月にハイブリッド型システムをオロミスレストランに設置した。
- (5) 加茂製のマイクロ水力発電機は簡単な構造であり設置のための工事も簡便で、故障も少ない。また流れてくるゴミを下流に流下せしめる構造になっているとともに、水車の前に網等を付けてゴミなどを減少させることで、より長期間の安定した稼働が可能である。ベトナム製のマイクロ水力発電とは用途において競合するものの、故障がない、耐久性やメンテナンスフリーなど利点が多いので、総合的な性能とベトナム製など他社製品との比較優位性を強調して市場参入を図る。
- (6) 水力発電だけでなく、ソーラーパネルによる太陽光発電を併設したハイブリッド型の発電システムは、カンボジア国では初の試みであり競合会社はない。
- (7) モンドルキリ州センモノロム市の玄関に位置するオロミスレストランに設置し、野外レストランの照明に利用している。広報・販売用に「再生可能エネルギーを使ったソーラー小水力発電ハイブリッドシステム」というメッセージを付けたバナーを掲示し、モンドルキリ州センモノロム市市民やエコツーリズムの観光客、さらに地元コーヒー、胡椒農家の人々へアピールしている。2017 年 9 月に同システムを稼働し、上のような広報販売を行っていたところ、カンボジアの農家やビジネスマンや投資家より購入したいので詳しい情報提供を求めてきている。

#### 4. 中小企業等が有する製品・技術等を活用したビジネスの可能性

- (1) 環境にやさしく適正技術の活用による無電化村の減少と電化による地域住民の生活改善が図れることは、行政と連携することで事業展開の大きな可能性を有する。
- (2) 他方で、ベトナム製や中国製の低性能であってもより安価な水力発電機が設置されている現状や、センモノロム市やその近郊に居住する住民の生計状況からすれば、加茂製小水力発電機を事業ベースで展開するより、農村電化などの支援事業の際に活用してもらう方策を考える方が好ましいと考えられる。
- (3) そのためには、加茂製水力発電機の販売価格をできるだけ抑えるとともに、高性能で耐久性が優れていることを実証し、広く紹介や広報することが肝要である。具体的には、(1)現地パートナー企業候補のニッセイカンボジア及びオロミスレストランで注文を取り纏めて、最低5機程度の数の発電機を纏めて製作輸送することで、製作に係る直接経費、輸送や通関などの間接経費を抑制し、発電機の単価を抑える、(2)耐久性やメンテナンスフリー、太陽光発電と併存するハイブリッド型などの性能の高さを、オロミスレストランでの実機を観てもらうことで広く紹介し理解してもらう、(3)エコツーリズムを推進するホテルやレストランでの照明には最適であり、バナーやパンフレットなどを準備し広く配布する、(4)各種支援団体やNGOなどが電力支援を展開する際には、加茂製の本システムが有効であることを理解してもらえる資料を配布する、等の対策を取る。
- (4) バッテリー充電を行う小規模民間発電業者を発電機販売先とするには困難であることが判明し、主にホテルやレストランを対象に製品紹介を行うこととする。センモノロム市長には本調査において積極的な支援を頂戴したが、今後ともその友好関係を堅持する。併せて、支援団体による農村電化事業や、民間企業による電化支援事業に際して、加茂製の小水力発電機を活用してもらえるように、現地パートナー企業であるニッセイカンボジア社と連携して、当該製品の積極的な広報活動を展開することが当面必要な活動と考える。
- (5) 2017年12月に入り、ハイブリッドシステムの小水力発電機のベルトが流失する事故が起こり、対応策として日本から部品を送付することを検討している。

以上

# 基礎調査

## カンボジア国 螺旋式マイクロ水力発電機による無電化・ 電力不足地域への電力支援基礎調査

### 企業・サイト概要

- 提案企業：加茂鉄工業協同組合
- 代表企業所在地：新潟県加茂市
- サイト：カンボジア国 モンドルキリ州 センモノロム市



螺旋式マイクロ水力発電機

### カンボジア国の開発課題

- ✓ 慢性的な電力不足と送電線から外れている無電化地域の存在
- ✓ 都市部における電力不足
- ✓ 不安定な電力供給と近隣諸国からの高価輸入電力への依存
- ✓ 高額な電力料金と、産業生産物の国際競争力の低下

### 中小企業の製品・技術

- 簡易な形状であり、ゴミに強くメンテナンスが容易
- 他社製品と比較し、低落差・低水量でも高効率発電
- ソーラーとのハイブリッド化により、昼夜、乾季・雨季を問わず発電
- 100kg以下の軽量製品のため可搬性に優れ、大規模な設置工事が不必要

### 日本の中小企業の事業戦略

- ①カンボジア国内での広報を展開し販売台数の拡大(5台/年)し、契約現地販売代理店による現地での販売や維持管理を展開
- ②受注生産方式によるコストダウンとともに、日本国内での販売台数目標を設定(10台/年)し、5年目の黒字化を目指す
- ③エコツーリズム地域であるモンドルキリ州や隣のラタナキリ州へ、地域分散型エネルギーシステムの成功事例として展開
- ④アジアの近隣諸国への展開

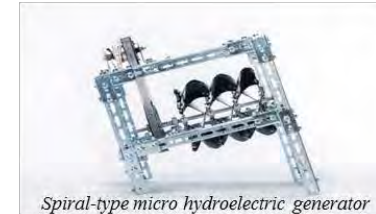
### 中小企業の事業展開を通じて期待される開発効果

- ・ 環境にやさしく適正技術の活用による無電化村の減少と電化による地域住民の生活改善
- ・ 地方での電力を自力で賄うことによる都市部での電力不足解消への副次的貢献
- ・ 安価で持続的な電化による農産物や産業製品の付加価値向上や、エコツーリズムへの貢献を通じた地域産業振興

## Survey on electricity supply with spiral-type micro hydroelectric power generator in Cambodia (SME Partnership Promotion)

### General Information of Company and Project Site

- Name of Company(s): Kamo Iron Industries Cooperative Association
- Location of Company(s): Kamo-city, Niigata Prefecture, Japan
- Project Site: Sen Monorom city, Monduliri Province, Cambodia



### Current State and Issues of the Power Sector in Cambodia

- ✓ Chronic shortage of power and many off-grid extension villages
- ✓ Shortage of electricity in urban areas
- ✓ Unreliable power supply and dependency of expensive imported electricity from neighboring countries
- ✓ High electricity tariff and low competitiveness of Cambodian products

### Products and technology of the company

- Simple, sturdy, no-clogging by trash, and easy maintenance
- More efficient power generation under low head and water volume than other products.
- Possible to generate power whole day and night in any season with hybridization with solar panel
- Easy mobilization (less than 100kg) and installation

### Strategy of Japanese Company

- ① Expand sales in Cambodia (5 unit/year), contract with local agency for sales and maintenance
- ② Lower production cost, increase sales in Japan (10 unit/year), and make this project profitable in 5 years
- ③ Disseminate as a successful rural electrification system to *Monduliri* and *Ratanakiri*, contributing eco-tourism
- ④ Introduce other Asian countries

### Expected development effect of the project

- Contribute electrification target of GOC and improve living standard in rural area by environment-friendly and appropriate technology
- Ease surging electric demand and supply to urban area by generating power in rural area
- Value addition of rural products by using economical electricity and contribute rural industry through eco-tourism support

## 目次

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 1. 事業概要 .....                               | 1  |
| 2. 事業の背景と目的 .....                           | 1  |
| (1) 事業の背景 .....                             | 1  |
| (2) 事業の目的 .....                             | 3  |
| 3. 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状 .....               | 4  |
| (1) カンボジア国 .....                            | 4  |
| (2) モンドルキリ州センモノロム市 .....                    | 5  |
| (3) 地方電化計画と再生可能エネルギー政策 .....                | 7  |
| (4) 地方電化計画のための資金 .....                      | 9  |
| 4. 投資環境・事業環境の概要 .....                       | 9  |
| (1) 外国投資全般に関する各種政策及び法制度 .....               | 9  |
| (2) 投資事業に関する各種政策及び法制度 .....                 | 11 |
| (3) ターゲットとする市場の現状 .....                     | 11 |
| (4) 販売チャンネル .....                           | 13 |
| (5) 競合の状況 .....                             | 15 |
| (6) サプライヤーの状況 .....                         | 15 |
| (7) 既存のインフラ（電気、道路、水道等）や関連設備等の整備状況 .....     | 16 |
| (8) 社会・文化的側面 .....                          | 18 |
| 5. 事業戦略 .....                               | 18 |
| (1) 事業の全体像 .....                            | 18 |
| (2) 提供しようとしている製品・サービス .....                 | 19 |
| (3) 事業化のためのシナリオ .....                       | 20 |
| (4) 事業目標の設定 .....                           | 20 |
| (5) 事業対象地の概要（候補地の比較分析、適地選定、技術的調査等） .....    | 20 |
| (6) 法人形態と現地パートナー企業の概要 .....                 | 21 |
| (7) 許認可関係 .....                             | 22 |
| (8) リスク分析 .....                             | 22 |
| 6. 事業計画 .....                               | 22 |
| (1) 原材料・資機材の調達計画 .....                      | 22 |
| (2) 生産、流通、販売計画 .....                        | 23 |
| (3) 要員計画、人材育成計画 .....                       | 23 |
| (4) 事業費積算（初期投資資金、運転資金、運営維持補修資金等） .....      | 24 |
| (5) 財務分析（収支計画、事業キャッシュフロー、収益性分析（IRR 等） ..... | 24 |
| (6) 資金調達計画 .....                            | 24 |
| 7. 本事業を通じ期待される開発効果 .....                    | 25 |
| 8. 現地 ODA 事業と連携可能性 .....                    | 26 |
| (1) 連携事業の必要性 .....                          | 26 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| (2) 連携事業の内容と期待される効果 .....     | 27 |
| 9. 事業開始へのアプローチ .....          | 28 |
| (1) 国内活動 .....                | 29 |
| (2) 現地活動 .....                | 29 |
| 参考引用文献 .....                  | 30 |
| 別添1：センモノロム市長による加茂市長あての親書..... | 31 |
| 別添2：オロミスレストランと交わした合意書.....    | 33 |
| 別添3：ハイブリッド発電システム事例.....       | 34 |

## 図表一覧

|     |                          |    |
|-----|--------------------------|----|
| 図 1 | カンボジア国と近隣諸国 .....        | 1  |
| 図 2 | 地域分散型エネルギー供給システム例 .....  | 2  |
| 図 3 | 螺旋式マイクロ水力発電機 .....       | 3  |
| 図 4 | カンボジア州区分とモンドルキリ州 .....   | 5  |
| 図 5 | モンドルキリ州の様子 .....         | 5  |
| 図 6 | モンドルキリ州センモノロム市の降雨量 ..... | 6  |
| 図 7 | モンドルキリ州センモノロム市の気温 .....  | 6  |
| 図 8 | 業務実施体制図 .....            | 14 |

## 略語表

|       |                                                               |                   |
|-------|---------------------------------------------------------------|-------------------|
| ADB   | Asian Development Bank                                        | アジア開発銀行           |
| CDC   | The Council for Development of Cambodia                       | カンボジア開発評議会        |
| EAC   | Electricity Authority of Cambodia                             | カンボジア電力庁          |
| EDC   | Electricite du Cambodge                                       | カンボジア電力会社         |
| ESP   | Electricity Service Provider                                  | 電力業者              |
| JETRO | Japan External Trade Organization                             | 独立行政法人 日本貿易振興機構   |
| JICA  | Japan International Cooperation Agency                        | 独立行政法人 国際協力機構     |
| MIME  | Ministry of Industry, Mines and Energy                        | カンボジア国 鉱工業・エネルギー省 |
| NSDP  | National Strategic Development Plan                           | 国家戦略開発計画          |
| ODA   | Official Development Assistance                               | 政府開発援助            |
| PSDP  | Power Sector Development Plan                                 | 電力セクター開発計画        |
| REFD  | Rural Electrification Fund Department、Electricite du Cambodge | カンボジア電力会社 農村電化資金部 |

## はじめに

### 1. 調査名

カンボジア国 螺旋式マイクロ水力発電機による無電化・電力不足地域への電力支援基礎調査  
Survey on electricity supply with spiral-type micro hydroelectric power generator in  
Cambodia (SME Partnership Promotion)

### 2. 調査の背景

カンボジアは、人口約 1557 万人（2015 年 World Bank）を有し、一人当たり GDP は 1070 ドル（2015 年 World Bank）であり、内戦終結後順調な経済成長を続けている。経済発展に伴い、2003～2015 年の間に最大電力・発電電力量ともに年平均 20%以上増加している。他方、供給電力量のうち輸入電力の割合は 2011 年の 64%をピークに、大型水力発電所や大型石炭火力発電所の建設による発電能力の向上により 2015 年には 25%まで減少している。電力料金については、2008 年まで国内の発電電力量の 90%以上を小規模ディーゼル発電に依存していたことから周辺国に比し割高になっている。2008 年における電化率は都市部の 87%に対し、地方部では 13%に過ぎなかった。また、電力料金は一般的に農村部のほうが高く、農村部では仮に電力網があっても使用できない家庭が多い。電化率と利用率を高めるためには、電力網の拡張とともに、農村部にある地域資源を活用した地域分散型のエネルギーシステムの導入が求められている。

このような状況下で、同国政府は四辺形戦略に基づいて、「国家戦略開発計画 2014-2018」を策定し、電力セクターについては、①供給力の確保、②低廉な電気料金、③電力関係機関の強化と能力開発、に重点を置くこととしている。また 2011 年には、「地方電化促進戦略計画」が策定され、①2020 年までにバッテリー照明を含め村落電化率 100%、②2030 年までにグリッド品質の電気により少なくとも世帯電化率 70%を達成するとしている。

### 3. 調査の目的

提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及び ODA 事業との連携可能性の検討に必要な基礎情報の収集を通じて、ビジネス展開計画が策定される。

### 4. 調査対象国・地域

カンボジア国プノンペン市及びモンドルキリ州

## 5. 団員リスト

本調査の業務従事者は以下のとおり。

| 氏名    | 所属先                        | 担当業務                       |
|-------|----------------------------|----------------------------|
| 有本 照一 | 加茂鉄工業協同組合                  | 業務主任者、事業総括                 |
| 太田 明  | 加茂鉄工業協同組合<br>(補強：加茂商工会議所)  | 行政、関係諸機関対応                 |
| 若杉 俊彰 | 加茂鉄工業協同組合<br>(補強：加茂商工会議所)  | リスク分析、法令関係調査               |
| 山岸 信雄 | 加茂鉄工業協同組合<br>(補強：加茂商工会議所)  | 現地技術指導<br>発電装置データ分析調査      |
| 佐々木直義 | (株)VSOC                    | 調査総括、コーディネート               |
| 八木 和彦 | (株)VSOC                    | 調査実施、マーケティング調査<br>報告書作成、補強 |
| 飯田 晴樹 | 加茂鉄工業協同組合                  | 販路開拓、営業販売                  |
| 小林 康範 | 加茂鉄工業協同組合<br>(補強：(株)丸五鉄工所) | 水車設計、機械装置開発                |
| 明間 浩  | 加茂鉄工業協同組合<br>(補強：加茂商工会議所)  | ビジネスモデル作成                  |
| 丸山 信彦 | 加茂鉄工業協同組合                  | データ解析                      |

## 6. 現地調査工程

### 第1回現地調査

| 日 | 曜日    | 活動内容                   |                                                                                                                                                                                                 | 宿泊地            |
|---|-------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|   |       | aグループ(山岸、飯田、小林、八木、ニアン) | bグループ(明間、佐々木、ソキアン)                                                                                                                                                                              |                |
| 1 | 5月21日 | 日                      | 1. 成田～プノンペン移動(NH817, 10:50 - 15:10)<br>2. ホテルに移動                                                                                                                                                | PNH            |
| 2 | 5月22日 | 月                      | 1. モンドルキリに移動(8:00 → 14:00)<br>2. 発電機設置準備@オロミスレストラン<br>3. 仮設状況を確認の上(必要であれば)市内で物資調達<br>・JICA挨拶、調査説明(現状、支援課題・方針確認)<br>・カンボジア電力庁／廣瀬専門家(政策、法制度、電力整備計画等確認)<br>・メイホーエンジニアリング打合せ<br>・(株)日新カンボジア駐在事務所打合せ | a:MDK<br>b:PNH |
| 3 | 5月23日 | 火                      | 1. 発電機設置@オロミスレストラン(山岸、飯田、小林)<br>2. バナー準備(八木)<br>1. モンドルキリに移動(8:00 → 14:00)<br>2. センモノロム市内 情報収集(小規模発電業者、ホテル・レストラン、胡椒・コーヒー農家、電力公社モンドルキリ支所)                                                        | MDK            |
| 4 | 5月24日 | 水                      | 1. 発電機設置@オロミスレストラン(山岸、飯田、小林)<br>2. バナー設置準備(八木)<br>3. 修理業者に関する情報収集<br>1. 修理業者技術レベル再確認(発電機本体と、電気関係)<br>2. Coffee Plantation設置可能性検討                                                                | MDK            |
| 5 | 5月25日 | 木                      | 1. 第5号機設置運用開始<br>2. モニタリング方法と内容打合せ<br>3. 近郊の購入希望者等の訪問<br>1. 市長面会(5号機設置報告、9月訪問日程)<br>2. 電力公社モンドルキリ支所(電力事情の確認、水利権他)                                                                               | MDK            |
| 6 | 5月26日 | 金                      | 1. 機器稼働状況及びモニタリング最終チェック@オロミスレストラン<br>2. プノンペンへ移動(13:00 - 19:00)                                                                                                                                 | PNH            |
| 7 | 5月27日 | 土                      | 1. 資料整理<br>2. マイクロバスで空港に移動(18:00ホテル発)<br>3. プノンペン発(NH0818, 22:50 -)                                                                                                                             | 機中泊            |
| 8 | 5月28日 | 日                      | ・成田着(06:45着)                                                                                                                                                                                    |                |

第2回現地調査

| 日                             |      | 曜日 | 活動内容                                                                                   | 宿泊地 |
|-------------------------------|------|----|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1                             | 9月3日 | 日  | 成田～プノンペン移動（NH817, 10:50～15:10）<br>東屋ホテルに移動（レンタカー）                                      | PNH |
| 2                             | 9月4日 | 月  | 9:00 JICA事務所、10:30 JETRO プリーフィング<br>プノンペン～モンドルキリに移動（12:00～17:00）                       | MDK |
| 3                             | 9月5日 | 火  | センモノロム市長面会（9:00AM、5号機その後の状況確認）<br>電力公社モンドルキリ支所（10:30～）<br>発電機稼働状況確認<br>譲渡式開催準備（バナー設置等） | MDK |
| 4                             | 9月6日 | 水  | 譲渡式（9:00～11:00）<br>モンドルキリ～プノンペンに移動（午後）                                                 | PNH |
| 5                             | 9月7日 | 木  | 関係機関訪問、報告等<br>1. EDC（9:00、鉱工業エネルギー省 廣瀬専門家同席）<br>2. ニッセイカンボジア（14:00）                    | PNH |
| 6                             | 9月8日 | 金  | 1. イオンクレジットにて情報収集<br>2. プノンペン～成田へ移動（NH818, 22:50～）                                     | 機中泊 |
| 7                             | 9月9日 | 土  | 成田着（6:45着）                                                                             |     |
| 出張者氏名：太田、若杉、丸山、山岸、明間、八木、（ニアン） |      |    |                                                                                        |     |

## 1. 事業概要

近年順調な経済発展を続けるカンボジア国にあって、産業や国民生活の基盤となる電力供給は重要な課題である。カンボジア国政府の努力や国際協力機構などの支援(例えば 2008 年に完了したモンドルキリ州小水力地方電化計画)によって電力供給網や供給量は改善されているものの、特に地方においては、無電力地域が散在するとともに、近隣諸国からの電力購入により高い電気代単価に不満を持つ住民が多い。

そこで、加茂鉄工業協同組合が開発した螺旋式マイクロ水力発電機を活用して、カンボジア国北東部のモンドルキリ州センモノロム市無電化地域を地域分散型エネルギーシステムのモデル地域として選定し、農村部の電化促進、電力不足解消を行うことを企画した。このために、センモノロム市近郊の無電化状況や市場調査、販売チャネルの検討等を通じて、ビジネス展開計画を作成するとともに、螺旋式マイクロ水力発電機の導入による開発課題への貢献、ODA事業との連携の可能性についての調査、検討を行った。

## 2. 事業の背景と目的

### (1) 事業の背景

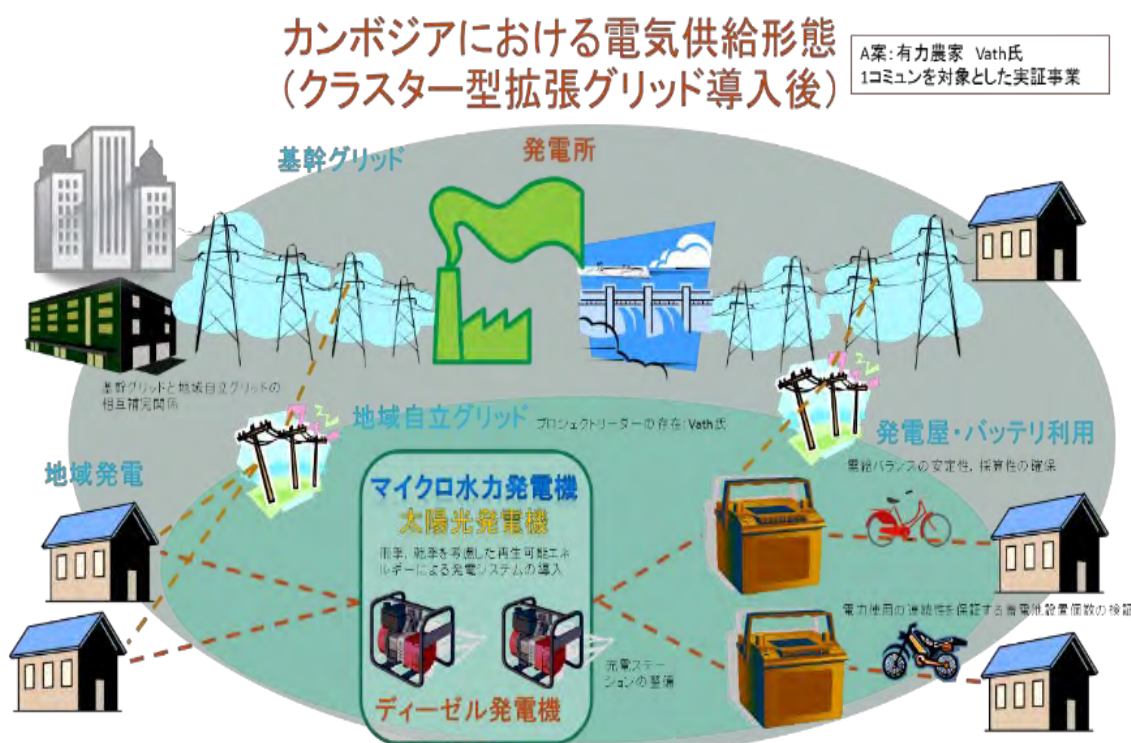
カンボジアは、人口約 1,557 万人(2015 年、World Bank)を有し、一人当たり GDP は 1,070 ドル(2015 年、World Bank)であり、内戦終結後順調な経済成長を続けている。



図 1 カンボジア国と近隣諸国

経済発展に伴い、2003～2015 年の間に最大電力・発電電力量ともに年平均 20%以上増加している。他方、供給電力量のうち輸入電力の割合は 2011 年の 64%をピークに、大型水力発電所(4 か所:約 900MW)や大型石炭火力発電所(2 か所:約 390MW)の建設による発電能力の向上により 2015 年には 25%

まで減少している。電力料金については、2008 年まで国内の発電電力量の 90%以上を小規模ディーゼル発電に依存していたことからタイやベトナムなどの周辺国に比し割高になっている。2008 年における電化率は都市部の 87%に対し、地方部では 13%に過ぎなかった。2009 年以降上述のとおり大型水力発電所や大型火力発電所が建設され、電力供給能力としては小規模発電と大規模発電の割合比が 1 : 4 を占めるようになった。2012 年以降、それらの大型発電所は運転開始を始めたところであり、送電線・変電所等の施設が急速に整備されてきた。カンボジアの電力については、2009 年には全発電供給量 20 億 KWH のうち、12.4 億 KWH を国内発電で賄い、ベトナムから 5.2 億 KWH 及びタイから 3.2 億 KWH を輸入していた。その後国内の発電供給事情（電力需要、国内発電供給能力など）が変化し、2015 年には全発電供給量が 50 億 KWH となった。その内訳は国内発電供給量 38 億 KWH、輸入電力はベトナム 10 億 KWH 及びタイ 2 億 KWH となっている。しかしながら、国内発電供給量の大幅な伸びに貢献した大型水力発電所及び石炭火力発電所はすべて独立系発電事業者によるものであり、電気料金は高止まりのままとされている。こうした状況もあり、電力料金は一般的に農村部のほうが高く、農村部では仮に電力網があっても各家庭への配線が未整備であり、使用できない家庭が多い。電化率と利用率を高めるためには、電力網の拡張とともに、農村部にある地域資源を活用した地域分散型のエネルギーシステム(下図参照<sup>1)</sup>)の導入が求められている。



このような状況下で、同国政府は 2004 年に四辺形戦略を立ち上げ、それに基づいて、「国家戦略開発計画 (NSDP) 2006-2010 及びフェーズⅡ 2009-2013」を策定しさらに NSDP フェーズⅢ 2014-2018

<sup>1</sup> 平成 26 年度 海外技術協力促進検討事業 官民連携技術協力促進検討事業 自然再生エネルギー (小水力) 最終報告書 (2015 年 3 月 一般社団法人 海外農業開発コンサルタント協会) より抜粋

に引き継がれている。同国政府は発電のための石油化石燃料への依存を減らし、エネルギー源の多様化を推し進めている。水力発電や石炭発電を、隣国からの輸入電力とともにカンボジア国内で発電供給に取り組んでいる。それらの取り組みの他、毎年の電力需要の 25%増加に応じられるように送配電の拡充や電力ロスを減らす取り組みを行っている。電力セクターについては、①供給力の確保、②低廉な電気料金、③電力関係機関の強化と能力開発、重点を置くこととしている。また、2011 年には、「地方電化促進戦略計画」が策定され、①2020 年までにバッテリー照明を含め、村落電化率 100%、②2030 年までにグリッド品質の電気により少なくとも世帯電化率 70%を達成するとしている。

この目標達成するためには、国の他予算や基金（Electricite Du Cambodge 及び外国のドナー（日本を含む）からの協力を得て発電供給体制の整備を行ってゆく計画があり、目標達成に向けた実施努力が継続されている。

新潟県加茂地域の鉄工業界は高い技術を誇る一方で、下請け企業が中心であり、自社製品の開発経験、海外展開等の経験を持っている企業は無く、今までは地元大手企業からの受注を中心に事業を行ってきた。しかしながら、リーマンショック後の受注減により、従来の受注体制は崩壊し、地方においても世界経済の影響を痛感した。そこで加茂鉄工業協同組合は商工会議所と連携し、中小企業の共同受注グループ「Tech x Tech KAM0」を組織し、地域外から共同で受注するシステムを構築した。さらにグループの技術力向上と地域製造業の弱点でもある製品開発



図 3 螺旋式マイクロ水力発電機

のノウハウを習得すべく、産学連携事業として石川県立大学生物資源環境学部の瀧本教授の指導を仰ぎ、マイクロ水力発電機の共同開発事業に取り組んできた。実用的にも十分なマイクロ水力発電機が完成した現在、単独企業ではリスクが高い海外事業展開に対して、地域を挙げて取り組み、ノウハウの蓄積、海外地域との交流の促進と国際貢献、地域製造業の活性化を目指すこととした。

加茂鉄工業協同組合は、試作した水力発電機の本邦での運用試験やカンボジアおよびフィリピンでの調査・実証試験を経て、カンボジアのモンドルキリ州センモノロム市周辺地域を加茂マイクロ水力発電機の設置の適地として選定した。試作した発電機はセンモノロム市長立ち合いのもと、コーヒー、胡椒農家へ紹介を行い、実際に水力により発電し、バッテリーへ充電して、実用電灯が使用できる形のシステムを設置して供与した。これによって、センモノロム市長からは今後の協力についての加茂市長あての親書が発出された（別添 1）。

その後平成 28 年度に、「螺旋式マイクロ水力発電機による無電化・電力不足地域への電力支援基礎調査」とする、国際協力機構による中小企業海外展開支援事業を受託した。

## (2) 事業の目的

対象地として選定したモンドルキリ州センモノロム市周辺地における電化状況や市場調査、販売チャネルの検討等を通じて、ビジネス展開計画を作成するとともに、加茂鉄工業協同組合が開発した螺旋式マイクロ水力発電機の導入による開発課題への貢献、ODA 事業との連携の可能性についての調査、検討を目的とする。

### 3. 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状

#### (1) カンボジア国

カンボジア国の面積は 18 万km<sup>2</sup>、人口 1,557 万人と、東南アジアにおいては比較的小規模な国であるが、2015 年の実績 GDP 成長率は 8%と目覚ましい発展を遂げている。2015 年までの過去 5 年間の電力需要も年平均 18.8%増加している。具体的な電力消費量は 2015 年には約 50 億 KWH となっており、5 年間に 2 倍に増えている。その内訳を見ると水力発電 34.5%、石炭・ディーゼル火力発電 39.7%により 74.2%をカンボジア国内で賄い、残る 25.8%をベトナムとタイから輸入している。

国内の発電種別発電量は 2 つの大型水力発電が 2013 年に稼働を開始したことにより (Stung Atay 120MW、Lower Stung Russey Chrum 338MW)、水力発電量が 2012 年の 5.17 億 KWH から 10.15 億 KWH を占めることになった。この結果、水力が 57.38%、ディーゼル/重油 32.71%、石炭 9.53%、その他木材やバイオマスという発電種別構成になっている。

政府による電力供給のためのインフラ整備 (送電線・変電所の建設) は急速に進んでいるが、まだ不十分である。都市部では供給電力が需要の 82.5%を占めているのに対し<sup>2</sup>、郡部では 9.3%と低く、照明は灯油ランプ、調理は薪に頼っている。日常生活で使われている薪や灯油ランプは村人の健康に悪影響を及ぼしている。照明がないことで、子供たちの勉強時間への制約やテレビなども見られない生活を強いられている。

このような状況下、カンボジア政府はエネルギー分野の開発計画において、以下に示す 4 つの方針を挙げている。

1. カンボジア国全土で妥当かつ支払い可能な価格でエネルギーを供給すること。
2. 妥当な価格で信頼できる安全なエネルギー供給することで、カンボジアへの外国投資を呼び、カンボジア国経済の発展に資すること。
3. カンボジア経済のすべてのセクターに対して、環境面や社会面で受け入れられるエネルギー開発及び探求を推進すること。
4. エネルギーの効率的な利用を推進し、エネルギーの供給と消費から生じる環境的な影響を最小限に抑えること。

電力供給サービス管理のための枠組みとしてカンボジア政府は 2000 年 11 月 6 日に電力法 (Electricity Law) を定め、翌年 2 月 2 日から施行している。電力法は電気の発電から供給に至るまでの過程についてルールを設け、電力セクターの改革とカンボジア経済への投資を促進する役割も担っている。電力法の主な項目は次のとおりである。

1. 電力セクター運営のための原則を定める。
2. 電力セクターにおける公平な競争、個人投資、個人所有、商業活動に適した環境を整備する。
3. カンボジア電力庁 (Electricity Authority of Cambodia) と鉱工業エネルギー省 (Ministry of Industry, Mines and Energy) の役割を定める。

---

<sup>2</sup> 2017 年 9 月の第 2 回現地調査において、鉱工業エネルギー省に派遣されている廣瀬専門家から、プノンペン市内への供給電力量は需要量を上回っているとの情報を得た。



図 4 カンボジア州区分とモンドルキリ州

## (2) モンドルキリ州センモノロム市

プノンペンより陸路 380 km、車で 7 時間ぐらいかかり、道路は舗装されている。カンボジア北東部のベトナム国境に接するモンドルキリ州の州都であり、人口 12,000 人、世帯数 2,916 戸、面積 490km<sup>2</sup>、4 つのコミューン、14 村がある。

センモノロム市の月別降水量と気温を図 6 と 7 に示す。カンボジア国首都プノンペン市と比較した場合、5 月から 10 月の雨季の降雨量は毎月 100 mm 程度センモノロム市の方が多くなっている。また、気温も年間を通して低く、プノンペンより冷涼な気候を呈している。センモノロム市があるモンドルキリ州の特徴として図 5 にある通り ([https://en.wikipedia.org/wiki/Mondul\\_kiri\\_Province](https://en.wikipedia.org/wiki/Mondul_kiri_Province)) 丘陵地が広がっている。この丘陵地を利用して、胡椒やコーヒーなどが栽培されている。



図 5 モンドルキリ州の様子

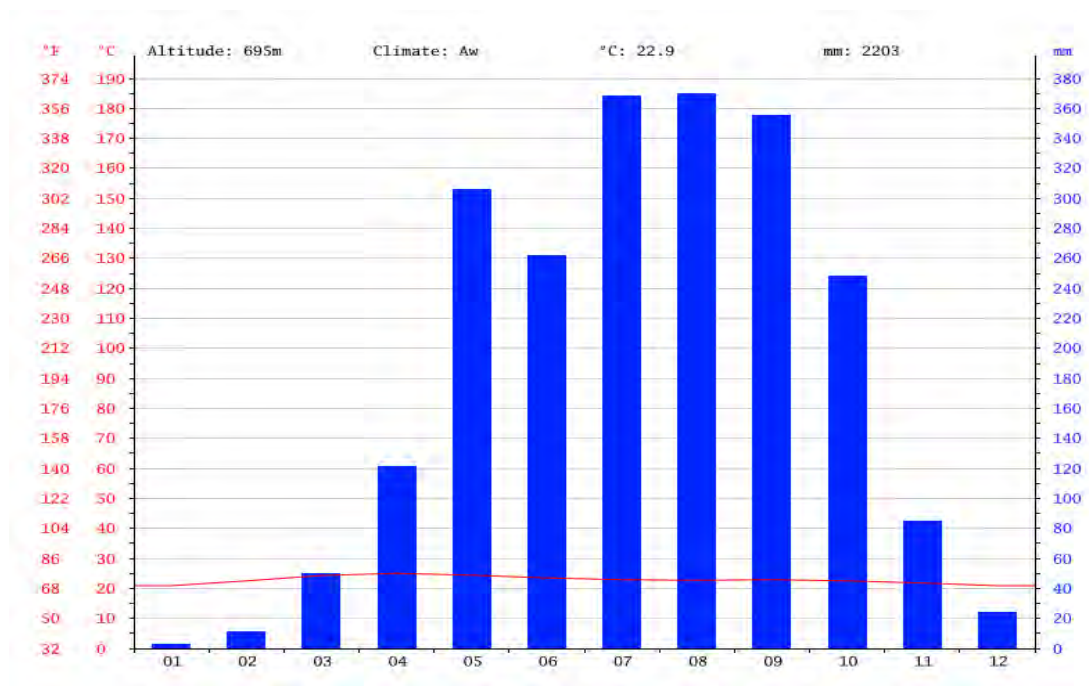


図 6 モンドルキリ州センモノロム市の降雨量

出典「Climate-Data.Org」(<https://en.climate-data.org/location/3147/>)

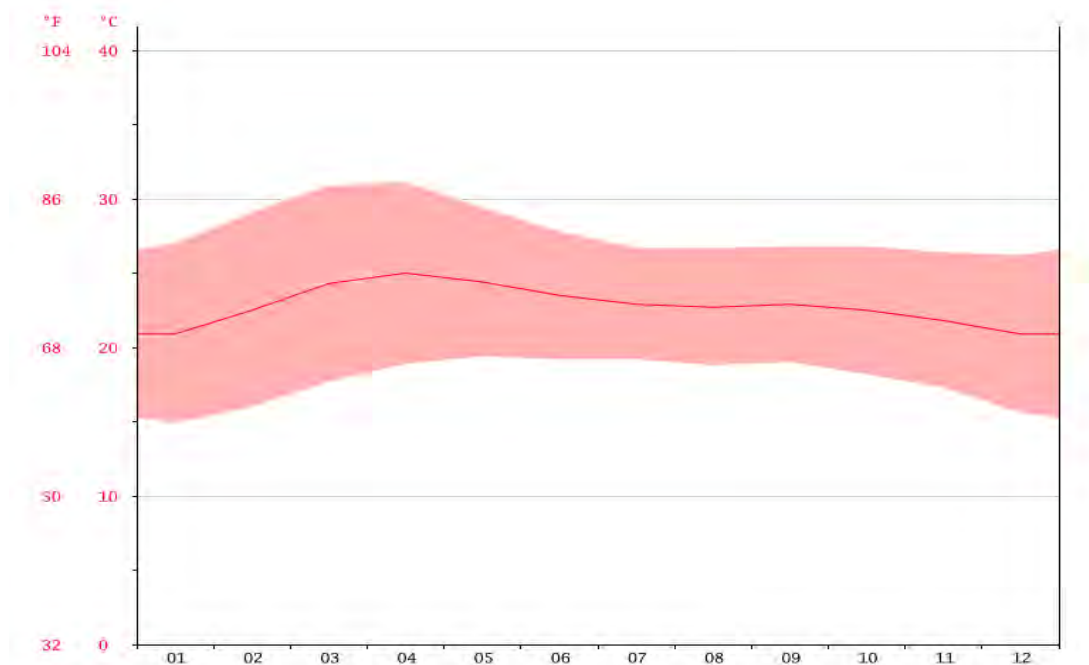


図 7 モンドルキリ州センモノロム市の気温

出典「Climate-Data.Org」(<https://en.climate-data.org/location/3147/>)

2004 年当時「モンドルキリ州小水力地方電化計画」の実施前、同州の州都センモノロム市は公共の電力網に接続されておらず、電力供給は小規模民間業者によるディーゼル発電に限られていた。また、停電の頻度は高く、電気料金は KWH 当たり約 48～62 円とプノンペン約 4 倍程度であり、低所得層では支払いが不可能な状況であった。州都にも拘わらず、一般世帯電化率は 31.7%(1189 世帯中 377 世帯)にとどまり、地域の活性化や振興を妨げる要因となっていた。

開発課題は、慢性的な電力不足と送電線から外れている無電化村の存在である。少数民族が居住する山間部の農村はそのほとんどが無電化村であり、それら地域にどのように電気供給するかが課題となっている。少数民族は自分で栽培した野菜を市内の路上マーケットに売りに来て、生計を立てている。電気は定期的に充電する必要がある車両用バッテリーにより得ていると思われる。少数民族在住地域に河川がなくても、センモノロム市に螺旋式マイクロ水力・ソーラー発電機ハイブリッド型システムが設置されれば、毎日朝の野菜販売のついでにバッテリー充電屋で今より安い電気が得られることで、生活改善が進むと考えられる。

センモノロム市やモンドルキリ州は質の高い胡椒やコーヒーの産地であるが、焙煎や加工技術が不足しており、それら農産物の付加価値が低く、地元での消費や観光客へのお土産のレベルにとどまっている。これは高い電力料金と不安定な電力供給のため、それら農産物を農家や加工工場で適切に加工ができていないことも一因と考えられる。

モンドルキリ州は自然環境に恵まれ、高原や河川があり、大きな滝も存在し、エコツーリズム地域で多くの欧米人が観光に訪れるものの、その自然を活かした観光資源の積極的な利用と広報が不足している。同螺旋式マイクロ水力発電機ハイブリッド型システムを起爆剤としてエコツーリズム発展に貢献することが求められている。

### (3) 地方電化計画と再生可能エネルギー政策

鉱工業エネルギー省(Ministry of Mines and Energy)はカンボジア国の地方電化計画と再生可能エネルギー政策を策定し、地方における貧困削減、生活の質の向上と経済発展を促進することとしている。その実現の為に、以下に示すように 2 段階の目標を設定している。

- (a) カンボジア王国のすべての村落は 2020 年までに何らかの電気(火力やそのほか再生可能エネルギー)を得られるようになる。
- (b) カンボジア王国では 2030 年までに少なくとも 70%の家庭は送電線による電力供給が得られるようになる。

鉱工業エネルギー省は地方電化に関して以下に示す 5 つの具体的目標を定めている。

- (a) 2015 年以降、全国電力網に接続されている電力需要家に対して十分な電力供給ができるようにし、2018 年には電力網で 25%の余剰電力を確保する。
- (b) 2020 年には全ての州と市は高電圧電力網でカバーされ、全ての州と市で全国電力網が電力供給を受けるべく最低一つの変電所を有する。
- (c) 2020 年までに 80%の村は全国電力網から電力を供給されるようになる。残る 20%については独立系の発電システムや近隣諸国から電力を受ける。2030 年には国内の 95%の村が全国電力網から電力を受け、残る 5%においては独立系の発電システムから電力網と同等レベルの電力が供給される。
- (d) 2020 年までには国内の少なくとも 50%の家庭で電力網と同等レベルの電力供給を受けられるよ

うになり、2030 年には 70%に増加する。

(e) 2020 年までに都市部と地方部における電力料金の格差 15%を超えないようにする。

上記目標達成の為に鉱工業エネルギー省は、より多くの州へ高電圧電力網を拡張するとともに、地方部での中位電圧電力網の整備をする。また、認可を受けた発電業者が配電地域を拡大するとともに、無電化地域への民間投資家の勧誘を行うこととしている。

再生可能エネルギー政策について、鉱工業エネルギー省は以下を掲げている。

- (a) 安全で、環境への負荷が少なく、農村地域住民にとって合理的な価格で安定的な電力供給を目指す。
- (b) 農村部への再生可能エネルギー事業に対して、法的枠組みの整備、効果的な方策、各種側面支援、民間業者参入支援を行う。
- (c) 安全・公平で、信頼でき、環境への負荷が少なく、農村部で合理的な価格でサービスを提供する際には、各種支援や助成を活用して、市場の仲介の役割を果たす。
- (d) カンボジア国の電力法に則った電力料金を設定して、再生可能エネルギー技術を活用した発電、送電、配電の支援をする。
- (e) 農村地域用に一番安い再生可能エネルギーシステムを活用した電力システムを推進する。その為の研究、試験や実証、モデル開発は政府の任務である。
- (f) 経済的に困窮している人々が農村電化を進める努力を支援すべく、十分な資金、適切なメカニズムや各種訓練を提供する。

農村電化資金部(Rural Electrification Fund Department、REFD)は農村電化を推進すべく 2004 年に設置され、当初は世界銀行の資金による活動を行っていた。その後 2012 年にカンボジア電力会社(Electricite du Cambodge、EDC)に移管され、カンボジア国内外の資金や支援を活用して農村電化事業に取り組んでいる。2017 年 9 月の時点で、Program for Power to the Poor（貧困家庭電化支援事業或は、P2P 事業）や Program for Solar Home System（太陽発電支援事業あるいは、SHS 事業）などを行っている。前者の貧困家庭電化支援事業は、アジア開発銀行の資金を得て農村地域の貧困家庭が既存電力網へアクセスして電化を進めるべく、必要な電線や屋内外の配線工事経費などとして約 1200 ドルを上限として支援するものである。3 年間の支払い期限が設定されており、支払いの完了により電線やその他資材は借り手の所有へと移管になる。後者の太陽発電支援事業は、電力網から離れた地域の家庭に対して太陽光発電システム（太陽光パネル、バッテリー、蛍光灯等）の設置を行うものである。REFD は 100 ドル／家庭の支援を行い、残る経費については 4 年以内に支払いをするという条件で実施される。REFD 資料によれば、P2P 事業や SHS 事業は、本基礎調査において対象としたモンドルキリ州と、カンボジア国西部にあるパイリン州及びプノンペン市では実施されていない。

2017 年 9 月の第 2 回現地調査の折に REFD を訪問し、Dr. Loeung Keosela 部長に面会する機会を得た。同部長によれば、2006 年のマスタープランやオーストラリアのコンサルタントの調査結果によると水力発電開発の可能性が低いと示されたので、上述の地方電化計画では太陽光発電を推進しているとのことであった。

地方電化に関しては、EDC による発電所や電力網の整備の他、数多くの民間業者による発電、配電、送電のサービスが提供されている。2012 年の統計によれば、発電許可(16)、国家送電及び特別送電許可(7)、流通許可(82)、複数許可（発電及び配電の統合）(206)、そのほか（小売許可：1）、合

計 312 ライセンスによって民間業者が電力関連サービスを提供している。

REFD にかかる実施及び戦略の実際の進め方について次に示す。

- (a) 従来のディーゼルによる火力、水力、再生可能エネルギーのほか、ベトナム、タイ、ラオスから電力を輸入する。
- (b) EDC 及びライセンス供与した民間業者による送配電システムの建設を加速させる。
- (c) 地方電化計画への戦略(国の送電グリッド、サブグリッド、非常用発電を備える。)
- (d) 既供与ライセンス事業者に対して配電地域の展開を促進するように刺激する。
- (e) 民間業者のライセンスが国のグリッド対象地域にない場合は、EDC は配電ネットワークを普及させるインフラを整備する義務を負う。

#### (4) 地方電化計画のための資金

2011 年から 2030 年の地方電化事業資金としてカンボジア国は投資資金を考えており、具体的には以下の財源を活用することとしている。

- (a) EDC の事業予算の活用
- (b) カンボジア国政府よりの資金
- (c) 民間電気供給業者よりの投資
- (d) 電気消費者からの直接投資
- (e) 地方銀行よりのローン
- (f) 開発銀行よりのソフトローン
- (g) 他国よりの無償資金協力

## 4. 投資環境・事業環境の概要

### (1) 外国投資全般に関する各種政策及び法制度

カンボジアの各種政策、法制度については JETRO の WEB サイトに出ており、その主なものは貿易為替制度、統計、投資制度、ビジネス関連法、知的財産に関する情報などについて情報収集が可能である (<http://www.jetro.go.jp/world/asia/kh/>)。

カンボジアは、ASEAN 自由貿易地帯加盟国で、2015 年までに一部例外品目を除き、ASEAN 域内で関税ゼロとなっている。カンボジアは、日本の一般特惠関税対象国で 3,540 品目が無税扱いであるが、制度適用のため、品目ごとに日本側税関での原産地規則の確認が必要となる。

カンボジアの投資制度については 1994 年 8 月に投資法が公布され、2003 年 3 月に改正投資法が公布された。改正投資法の施行に関する政令第 111/ANK/BK 号(政令第 111 号)である。許認可機関はカンボジア開発評議会 (Council for the Development of Cambodia ) である。カンボジアにおける復興・開発と投資活動の監督に対して責任を負う唯一の機関であるとともに、すべての復興・開発および投資プロジェクト活動に対する評価と意思決定に責任を負う機関である。

カンボジア国において輸入時に課せられる関税には次の 3 種類がある。

1. 輸入関税
2. 特別税 (Special Tax) : 自動車・バイク等、アルコール類、石油・歴青油およびその製品、な

ど

### 3. 付加価値税 (VAT)

適格投資プロジェクト (QIP: Qualified Investment Projects) としての投資許可は投資家または投資起業家に対して発給されるのではなく、投資プロジェクトに対して発給される。投資許可を得たプロジェクトは適格投資プロジェクトと呼ばれ、優遇措置が自動的に付与される。この投資優遇措置は次の通りである。

- ・法人税免税 (一般企業は 20%)
- ・一般輸入関税 (主として税率 0%、7%、15%、35% の 4 種類) に対し、  
輸出加工 QIP: 原材料、建設資材、生産設備にかかる輸入税免除  
国内市場 QIP: 原材料は輸入関税が課税されるが、ATIGA 等の特惠税率を適用することが可能
- ・付加価値税 (VAT) は輸入時に 10% 支払い、輸出時に還付

QIP の具体的な条件は次の通りとなっている。

1. 輸出産業に 100% の製品を供給する裾野産業 (10 万米ドル以上)
2. 皮革製品、金属製品、電気・電子器具、事務用品、玩具、スポーツ用品、自動二輪車及び同部品・アクセサリ、陶磁器の製造 (30 万米ドル以上)
3. 食品・飲料、繊維産業のための製品、衣類縫製、繊維、履物、帽子、非木製家具・備品、紙及び紙製品、ゴム製品及びプラスチック製品、上水道供給、輸出向水産物冷凍・加工、輸出向穀類、収穫物加工 (50 万米ドル以上)
4. 農業生産: 米 (1,000HA 以上) 野菜 (50HA 以上)、そのほか換金作物 (500HA 以上)、植林 (1,000HA 以上)
5. 化学品、セメント、農業用肥料、石油化学製品、現代薬の製造 (100 万ドル以上)
6. 近代的マーケット、貿易センター建設 (200 万米ドル以上/1 万平方m以上)
7. 技能開発、技術向上のための訓練を実施する訓練・教育機関 (400 万米ドル以上)
8. 国際貿易展示センターと会議ホール (800 万米ドル以上)

既述の通り政府による電力供給のためのインフラ整備が進んでおらず、「再生可能エネルギー行動計画」による村落電化率 100% を掲げているカンボジアである。同国においては、1994 年 8 月に投資法が公布され、さらに復興・開発を進めるために 2003 年 3 月に改正投資法が公布されている。その中で外国からの製品輸入に対して投資優遇措置を講じている。カンボジア国において適格投資プロジェクトとしてカンボジア開発評議会に申請して許可を得られれば、投資許可は投資プロジェクトに対して付与される。この認可を受ければ、国内市場向けの建設資材や生産設備は輸入関税免税措置により品目による異なる軽減税率が適用される。

2017 年 5 月に発電機本体や付属のインバーター等の電気機器を搬入した際に、それら機器の HS Code<sup>3</sup>が判明した。また、約 15% の輸入関税と、10% の付加価値税が課せられ、特別税について課税

---

<sup>3</sup> HS Code は以下の通り。Hydroelectric Generator : 8501.51、Controller : 8544.42、Chopper : 8544.42、Inverter : 8544.42、LED Light : 8544.42

はなかった。当初は水力発電機に関する税制を調査予定であったが、水力と太陽光を組み合わせたハイブリッド型の再生可能エネルギー対応の発電機に改良したことにより、税制の優遇処置やその対象期間等に関して、JETRO カンボジア事務所等に個別に問い合わせをした。残念ながら、優遇税制の適用はできないとのことであった。

## (2) 投資事業に関する各種政策及び法制度

螺旋式マイクロ水力発電機は河川域に据え付けて固定的に稼働させるので、若干の水利権の利用や流域内に発電機やバッテリーを置いておく必要がある。これに関しては、2016 年にセンモノロム市長に面会し本事業への協力を快諾していただき、またカンボジア電力会社（EDC）モンドルキリ支所に出向いて現状を把握するとともに、2017 年 5 月にはオロミスレストランに設置完了したハイブリッド型小水力・ソーラー発電機を担当者に確認していただいた。その結果、今回の小水力発電機は「水流を利用するだけで、河川水の流れの変更や取水するものではないので、水利権等の問題は無い。」ということが明らかとなった。同時に、再生可能エネルギーを活用したエコツーリズムを推進するセンモノロム市であり、本事業に対するセンモノロム市長の協力合意が得られており、発電機設置についても問題はない。

3. (3)に記載の通り EDC は REFD を通して地方電化を促進しているが、水力発電には積極的ではなく、アジア開発銀行などの資金を活用して太陽発電を推進している所である。

## (3) ターゲットとする市場の現状

モンドルキリ州小水力地方電化計画（2008 年 12 月）により、電力供給に関し完工前の電化率 29.8%（契約戸/全体戸：465/1,560 戸）が、2011 年 12 月には 80.5%（1,444/1,795 戸）となっている。EDC モンドルキリ支所の 2011 年月別・発電源別発電電力量によると、モンドルキリ州の雨季（7 月～12 月）の水力発電の割合が 90%、乾季（1 月～6 月）ディーゼル発電の割合が 70～80%となっている。乾季には河川の水位は下がるものの発電効率の良いマイクロ水力発電機による電力を使用することができる。それ故、特に乾季において、小規模民間業者がディーゼル発電機とマイクロ水力発電機を組み合わせることで、電力供給の安定化や効率化が図られる可能性がある。

このような状況にあつて、本事業で対象とする市場として以下を主に考える。

### 【モンドルキリ州センモノロム市におけるコーヒー・胡椒農家 70 名以上の組合員】

2016 年 11 月の現地事前調査時に、説明会およびデモ機の実証運転を行い、多くの反響があった。コスト面の折り合いがつけば、購入希望があるので、販売導入の可能性は高い。発電容量、コスト、マイクロ水力発電機、ソーラーとのハイブリッド化、マイクロレジットの活用など詳細に説明することでさらに関心が高まると期待される。その為にも、加茂式ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機の性能を実際を通して理解してもらうことが重要となる。

### 【ホテル、レストラン、観光業者】

モンドルキリホテルにはホテル全体の照明と空調を稼働させている中国製の水車発電、レストランにはレストランの照明に電気を供給しているベトナム製の水力発電機が導入されてい

る。前者の中国製の水車による発電は同ホテルより 2~300m 離れた河川に設置された大型の鉄製の水車による構造であり、ホテル全体の照明、空調などへの電力を賄っている。ホテルの経営者の話ではホテル側はさらに 10kW 以上の容量の水力発電機を必要としている。後者の水力発電機は 2016 年 11 月時点で故障していたが、ベトナム製の水力発電機は野外レストラン全体の夜の照明を賄っており、レストランの経営者は加茂製のマイクロ水力発電機の実証試験を自分のレストラン敷地内で実施させてくれたが、同レストランでも導入したいので今後ともコンタクトしてほしいとの希望表明があった。

モンドルキリ州やセンモノロム市はエコツーリズムの推進に積極的であり、ホテルやレストランも多い。これら施設では、照明等の電力源として水力や太陽光発電機器導入の可能性がある。

本基礎調査によって、多数の訪問客や観光客があるセンモノロム市近郊のオロミスレストランに加茂式ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機を設置したことは、当発電システムの実証と普及にとどまらず、再生可能エネルギーを使用した環境にやさしい発電システムとして、モンドルキリ州の観光振興にも貢献できるものと考ええる。

#### 【小規模民間業者】

センモノロム市にはディーゼル発電機で消費者にバッテリーで電力を供給する充電屋があり、マイクロ水力発電機の発電システムに代替してゆくことで経費削減も図ることができる。

2008 年 12 月に完工したモンドルキリ州小水力地方電化計画事業を通して、センモノロム市を中心に安定した電力が供給されるようになった。この結果として、従前まで電力供給の主たる担い手であったバッテリーへの充電を行う小規模民間業者は縮小している。2017 年 1 月の事前調査では、ある村の全家庭のバッテリー充電を担っていた業者が現在では 1 日当たり 10 個程度のバッテリー充電注文となっているとのことであった。これら小規模民間業者はディーゼル発電機を使用しているが、水力発電機を導入しようにも近くに水流がなく、水力発電機の使用は困難であることが判明した。

これまでの関係者からの情報収集、2017 年 2 月の事前調査、5 月及び 9 月の現地調査の結果、以下が明らかとなった。

1. センモノロム市近郊にある Coffee Plantation には、ベトナム製の水力発電機が設置され、敷地内にあるレストランの照明に活用している。このコーヒー園オーナーは、2016 年のモンドルキリホテル内のレストランで行った加茂製マイクロ水力発電機の実証試験にも出席したが、「数 kW 程度の容量を持つ発電機」を希望していた。しかしながら、5 月の第 1 次調査の際、オロミスレストラン内の最適地に設置したソーラーとのハイブリッド型の発電システムや性能については理解されていないと思われた。その後同発電システムの稼働状況をレストランにモニターしてもらったことにより、同発電システムと性能について理解が深まったと考える。
2. エコツーリズムを積極的に推進しているモンドルキリ州やセンモノロム市である。近くに溪流を有するレストランやホテルであれば、本水力発電機やハイブリッド型発電機システムを導入することで、エコツーリズムの更なる推進とともに、長期的な電力経費の削減にも資することとなる。オロミスレストランに設置した本ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機システムを、より

多くのホテル等観光関連業者に理解してもらうことが最重要と考える。この意味でも、センモノロム市近郊に位置し、集客力の高いオロミスレストランに加茂ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機を設置し、その後の稼働状況のモニタリング、2017年9月のセンモノロム市長、EDC モンドルキリ支所や近隣コミュニオンや村関係者を招待した発電機贈呈式の開催や、バナーを活用した広報活動は有意義であったと考える。

3. センモノロム市内では小水力地方電化事業によりグリッド電力網の配電が整備されたことにより、小規模民間発電業者に対する電力需要は急激に減少していることが明らかとなった。小規模民間充電業者はセンモノロム市内では淘汰されつつあり、今後はセンモノロム市からより遠隔で、グリッド電力網が整備されていない地域を対象とする必要がある。この場合においても、近くに水流や溪流を有する民間発電業者を対象とすることとなる。
4. ラタナキリ州はモンドルキリ州と地形的に類似しており、以前 EDC ラタナキリ支所に勤務されていた現 EDC モンドルキリ支所長によれば、水力発電機の設置適地は多く存在するとのことであった。今回の基礎調査においてラタナキリ州を視察することは、時間的にも経費的にもできなかったが、現地パートナー事業や関係者からの情報収集を継続することとする。

#### (4) 販売チャンネル

モンドルキリ州センモノロム市郊外にあるオロミスレストランは、エコツーリズムへの貢献によりフンセン首相から表彰されている。同レストランに 2017 年 5 月のハイブリッド型小水力・ソーラー発電機システムの設置以降、オーナーは同システムの運用、発電状況のモニタリングと本邦へのデータ送付を継続実施している。加茂鉄工業協同組合では、送付された発電データ分析を行っている。オロミスレストランは、5 月の調査団による助言に基づき、2017 年 6 月に水力発電機への水の流入部分の修理工事を実施した。それによって、発電機への水流が安定し、発電量も増加したことがデータから明らかとなっている。このように、オロミスレストランは 5 月に交わした合意に基づいて、同システムの運用とともに、モニタリングとデータ送信を適切に実施している。センモノロム市及びその近郊における加茂製ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機システムの紹介や、システムによる実際の発電状況の説明にも有効であり、同システムの販売に当たって重要な任務を果たしうる。第 2 次調査において、オロミスレストランに同システムの譲渡式を行い、関係者を招いてハイブリッド型小水力・ソーラー発電機システムの紹介をするとともに、バナー等を設置して製品の広報を行った。



オロミスレストランスタッフによる  
モニタリング作業

現地から送信されたデータ例

2016年の事前調査から2017年第1次現地調査においては、メイホーエンジニアリング・カンボジア支店の支援を得て、調査や発電機の設置を行ってきた。同社は2017年4月以降業務拡充のため、本事業のパートナー企業となることは難しくなったとのことである。そこで、カンボジア国の窓口として「ニッセイカンボジア」と協議を行った。ニッセイカンボジアは、カンボジア国での業務経験も長く、輸出入業務も経験があり、適任であると考えた。発電機販売コミッションや仮設を含めた設置経費など具体的な内容や連携については、発電機の注文数にも依ることもあり、受注後に詳細を詰めることとする。

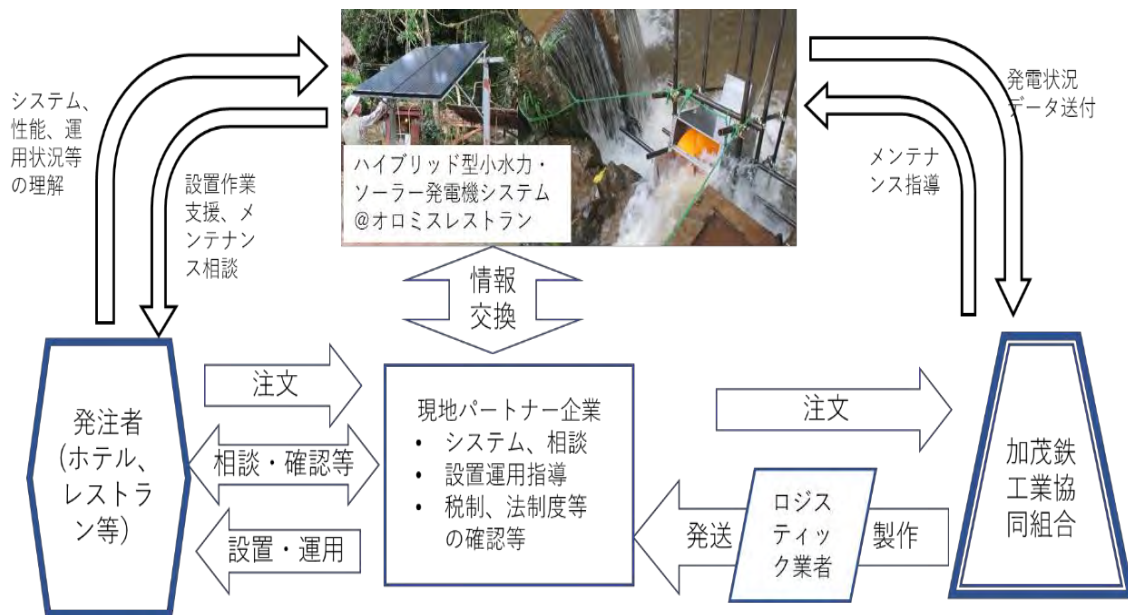


図 8 業務実施体制図

製品のロジ業務については、2017年5月にハイブリッド型発電機をカンボジア国に輸送した「日新カンボジア」社に依頼する方法とともに、現地パートナー企業であるニッセイカンボジアが担う。詳細業務契約は発電機の受注後に対応する計画である。ハイブリッド型小水力・ソーラー発電システムを設置したオロミスレストランを含めたこれら現地パートナー企業との体制案を図8に示す。

カンボジア国内での販売には、製品と性能の紹介が不可欠である。中国製やベトナム製などの製品は口承発電容量と実発電容量には大きな差があることや、ベアリングなどの水中で作動する部品の故障が多いという不満を聞くことが多い。このような状況において、加茂製のハイブリッド型発電システムを販売につなげるには、発電状況や性能を実際にカンボジアの人たちに見てもらうことが重要であると考え、2017年5月にハイブリッド型システムをオロミスレストランに設置した。今後、同レストランへの訪問客が増え、同ハイブリッド型システムが作動している様子を実際に見ることにより、マイクロ水力・ソーラー発電ハイブリッド型システムの広報活動とともに優れた性能を認識してくれる機会となる。本件に関し同レストランは、今後、同製品の現地紹介や販売業務を行ってくれることにも合意している（別添2、オロミスレストランとの合意文書参照）。

#### (5) 競合の状況

モンドルキリ州センモノロム市にはベトナム製のマイクロ水力発電機を輸入設置している民間企業があるが、レストランで見学した発電機の発電容量は 4kW 程度であるが、川から水路を引いてくる工事などに多額の建設費がかかるものと推察される。ベトナム製は故障が多いということであるが、加茂製のマイクロ水力発電機は簡単な構造であり設置のための工事も簡便<sup>4</sup>で、故障も少ない。また流れてくるゴミを下流に流下せしめる構造になっているとともに、水車の前に網等を付けてゴミなどを減少させることで、より長期間の安定した稼働が可能である。ベトナム製のマイクロ水力発電とは用途において競合するものの、故障がない、耐久性やメンテナンスフリーなど利点が多いので、総合的な性能とベトナム製など他社製品との比較優位性を強調して市場参入を図る。

水力発電だけでなく、ソーラーパネルによる太陽光発電を併設したハイブリッド型の発電システムは、カンボジア国では初の試みであり、競合会社はない。

また、モンドルキリホテルで使われていた中国製の水車はマイクロ水力でもモンドルキリホテル全体の夜間照明や空調のための電力として使われているので、10kW 以上のレベルの発電に対応している一方、加茂製のマイクロ水力発電機は 1kW 以下の発電レベルである。

#### 【ベトナム、中国製水力発電機】

- ・ 平成 27 年(2015 年)11 月の現地調査訪問時には、どの水車も故障しており発電はしていなかった。その後 2017 年 5 月の第 1 回現地調査時には、オロミスレストランにある 3 台のベトナム製水車の内、1 台が使用可能な状態になっていた。
- ・ 発電機を導入したホテル、飲食店の話では、修理する技術もなく製品そのものが安価なため、そのままにしているとのことであった。安価ではあるものの品質が安定していないと思われる。
- ・ 発電容量はすべて最大発電値で記載して販売されているが、水力発電は自然条件によって発電量が変わるので、実際の発電量は少ないと思われる。導入時にそのような説明もなく、購入者や使用者は説明される最大発電値が出るものと信じており、販売に際しての説明不足、導入後のメンテナンス不足は明らかである。

#### 【センモノロム市の日系企業】

- ・ センモノロム市への日系企業の進出は当組合が初めてであり、日系の競合する会社は存在していない。
- ・ 直近では、平成 28 年 4 月に北九州市がコンサルタントとして関わっている上水道整備事業が開始された。

#### (6) サプライヤーの状況

マイクロ水力発電機の開発と改良については石川県立大学瀧本教授の技術指導を受け、同発

---

<sup>4</sup> 2017 年 5 月下旬の発電機設置に先立ち、同月上旬に実質 2 日間の準備工事を行った。100 ドル余りで現地調達した、1~2 メートルに加工した 16 本の単管パイプをクランプを使って組み立てた(本報告書巻頭の写真参照)。

電の部品製造、組立は加茂鉄工業協同組合員、商工会議所の会員を中心に新潟県内の企業で取りまとめている。ハイブリッド化に際しては、同組合員や会議所会員の協力を得て取り組んだ。発電機については商工会議所会員事業所が中国より取り寄せを行った後、当組合で検品、検査、実証テストを行うことで商品性能を担保する。

発電機そのものは性能、耐久性、メンテナンスの観点から本邦でそのすべてを賄うため、現地サプライヤーは必要ない。受注時にベアリング等の交換部品を追加して納品することで、より長期間の稼働を実現する。但し、発電機設置工事においては現地で調達可能な資材で対応することとし、その実施に際してはニッセイカンボジアが担うことで合意している。ハイブリッド化に伴ってソーラーパネルを設置することになるが、ソーラーパネルやバッテリーはカンボジア国内で調達が可能であり、問題はない。

発電機のコントローラーや、チョッパーと呼ばれる過充電時の電流遮断機は、長期間の安定的な運用を期するため、日本国内で調達した製品を活用することとする。

EDC モンドルキリ支所との話では、オロミスレストランの配線や電気工事等についてはECD 所属のスタッフが行っているとのことであり、問題なく実施出来ている。

#### (7) 既存のインフラ（電気、道路、水道等）や関連設備等の整備状況

カンボジアの電力事情は 1970～1980 年代まで続いた内戦によって既存設備の多くが破壊され、全国の電化率は 2005 年時点までは 13%にとどまっていた。主要な電力源はディーゼルと重質燃料油(HFO:heavy fuel oil) で、全体の発電量の 92.81%を占め、続いて石炭 3.31%, 水力 3.28%、そのほか 0.6%であった (UNHABITAT2010)。ディーゼルや HFO はほとんど輸入に頼っているため、燃料費の国際価格変動が激しく、それが直接にカンボジア国内の電気料金に反映していた。このような電気料金の変動は一般消費者だけでなく、外国からの対カンボジア投資にも阻害要因となっていた。カンボジア電力庁 (EAC:Electricity Authority of Cambodia) の 2013 年版 Report on Power Sector によれば、電力消費者数及び発電量が 2005 年に 306,176 人、977 百万 k w h であったが、2010 年にはそれぞれ 672,709 人、2,514 百万 k w h に増加している。この期間の平均増加率は電力消費者数 16.28%, 発電量 20.28%の伸びを示している。2010 年以降も毎年電力消費者数及び発電量の伸びが 20%以上となっており、消費者ニーズに合わせた発電量が確保されている様子がうかがわれる。カンボジア国内では首都プノンペン、バタンバン、コンポンソム、コンポンチャム、観光都市シェムリアップ周辺は政府の認可を受けた業者が多く参入しているので、国債エネルギー機関 (I E A) によれば、2010 年これら都市部での電化率は 91%であるのに対して農村部では 16%と電化率が低くなっている。しかも鉱工業エネルギー省 (M I M E) の 2013 年の統計によれば、農村部で国の電力網から電気の供給を受けているのは農村部全体の 22.62%のみで、3%はディーゼルを利用した自家発電を行い 10%はバッテリーを利用して地域の自家発電販売業者から電気を購入している状態が続いていたことが理解される。

モンドルキリ州小水力地方電化事業が計画された 2005 年時点では電化されていた地域はプノンペン近郊のタケオ州やカンボット州等の都市部に集中し、モンドルキリ州を含めた地方州の電化はほとんど進んでおらず、多くの住民が公共の電気供給サービスを受けたことのない地域であった。モンドルキリ州の州都センモノロム市も例外ではなく、公共の電力網に接続されて

おらず、電力供給は小規模民間業者によるディーゼル発電機で発電した電力を住民が電線を張って電力を送ってもらうか、それができない離れた地域の住民はバッテリーを町の充電屋へ運び、充電するというやり方であった。道路は舗装されておらずバッテリーを自転車やオートバイに積んで1週間に一度充電に来るという具合であった。水道は雨水を水がめに貯留しそれを飲用水や生活用水として利用している状況であった。2011年に上記の小水力電化計画が完工してからは、以前より安価な電力が一定程度安定的に供給されるようになり、センモノロム市内の80%の世帯がカンボジア電力会社（EDC）モンドルキリ支店と契約し、電力供給を受けられるようになった。

2004年7月のフンセン首相の第3次政権成立の際に表明された四辺形戦略はカンボジア開発計画の基盤となる国家戦略である。この最初に2004年に策定された四辺形戦略に基づいてフェーズⅠ及びフェーズⅡとして国家戦略開発計画NSDP2004～2008及び2009～2013が策定され、さらにフェーズⅢとしてNSDP2014～2018が策定された。カンボジアの経済社会開発の根幹になっていることは2. 事業の背景と目的ですでに触れたとおり。その中心的な課題として、汚職撲滅、法・司法改革、行財政改革、兵員削減を挙げ、さらに重点分野である農業分野の強化、インフラの復興と建設、民間セクター開発と雇用創出、能力構築と人材育成という課題がその四辺をなしている。プノンペンから主要都市への国道の道路整備は進んでいるが、国道から外れた地方道路の整備はなかなか進んでいない。

インフラの復興と建設として都市・地方給水設備の整備を支援戦略として掲げているが、水道の整備は地方では都市部を除いてほとんど未整備で、屋根に雨を集めて水がめに水をためて生活用水に充てている家庭がほとんどである。2013年の世界銀行の主要開発指数によれば、カンボジアでの改善された給水サービスを利用できる人口の割合が1990年の31%から、2010年64%と改善していることが分かる。直近では2016年4月にセンモノロム市において上水道整備事業が竣工され、更なる改善が期待されている。

この調査ではこの上水道整備事業の進展については触れられないが、最新のNSDP2014-2018には当該事業にかかる政策などの記述があり、列記する。

カンボジアにおける都市給水事業はメコン河流域の国々によるメコン河流域の持続的な開発について国際的な合意を得るためにメコン河委員会の第1回サミットが2010年4月にタイで開催された。これらの合意に基づき、カンボジア政府も次のようにNSD2014-2018PのフェーズⅢに反映した形で政策の実現が行われている。

1. 総合的な給水のための法的な枠組みづくり
2. 都市給水計画のための投資や許認可の制度整備
3. 都市給水計画のための経済的な規則や法規整備
4. 都市給水計画のための技術的な規則や法規整備
5. 都市給水計画を推進するうえで中央と地方の役割分担及びその行政サービスについての中央から地方への権限や技術サービス実施の移転
6. 給水分野のさまざまな取り組みに対して国ばかりでなく、外国のドナー、NGO、地方銀行なども資金面の支援を行っている。

## (8) 社会・文化的側面

モンドルキリ州センモノロム市や州内の地理情勢については、地形が高原地帯となっており地域内河川も多く、国内の他州のように平野とは異なる。河川水や渓流水を活用するマイクロ水力発電は、モンドルキリ州の自然条件は非常に適している。より山間部に居住する少数民族は、高原野菜を栽培して市内の路上マーケットで販売し、生計をたてている。センモノロム市の農家ではコーヒーや胡椒を栽培して、主にローカルマーケットへ販売している。自然条件が山間部で河川が多く、水力資源が豊富で 2008 年に完成したモンドルキリ州小水力地方電化計画でセンモノロム市の 80% が電力の供給を受けている。また、水資源を利用したベトナム製水力発電機や中国製の水車により発電が行われていた経緯もある。したがって、水力発電については基本的に受け入れの土壌がある。導入する発電機も既存の河川や水路に設置する小型のものであり、社会や環境へのネガティブな影響は極めて少ない。また、5 月の第一次調査の際にはマイクロ水力発電機にソーラーパネルを追加し、直流を交流へ変換したり、水力とソーラーの両方で電気をバッテリーにため、コントロールボックスで相互補完的に出力できるハイブリッド型システムを開発した。

モンドルキリ州センモノロム市は 2004 年当時、モンドルキリ州小水力地方電化計画が導入される以前は、州都にも拘らず、公共の電力供給はなく、小規模な民間のディーゼル発電により朝夕の食事時間のみ電力供給を受けるという慢性的な電力不足の状況に置かれていた。こうした状況が貧困削減や地域発展の阻害要因となっていた。カンボジア国内でも貧しく遅れた地域というイメージから、モンドルキリ州小水力地方電化計画が実施されてからは急速に地域発展が進み始めた様子が市民の意識の中にも見える。今回のマイクロ水力とソーラー発電のハイブリッド型システムがカンボジアで初めての本格導入について、センモノロム市長やオロミスホテルの支配人などより積極的な協力を申し出があった。この JICA によるモンドルキリ州小水力地方電化計画は観光開発の面で大きな影響を与えている。2008 年のセンモノロム市観光客の訪問数 20,000 人が 2011 年には 60,000 人を超えたことが報告されている。(外部評価 2012 年 8 月による)

## 5. 事業戦略

### (1) 事業の全体像

低性能であっても安価な中国製やベトナム製水力発電機に対抗するには、加茂製水力発電機の販売価格をできるだけ抑えるとともに、高性能で耐久性が優れていることを実証するとともに、広く紹介や広報することが肝要である。その為に、(1) 現地パートナー企業候補のニッセイカンボジア及びオロミスレストランで注文を取り纏めて、最低 5 機程度の数の発電機を纏めて製作輸送することで、製作に係る直接経費、輸送や通関などの間接経費を抑制し、発電機の単価を抑える、(2) 耐久性やメンテナンスフリー、太陽光発電と併存するハイブリッド型などの性能の高さを、オロミスレストランでの実機を觀てもらうことで広く紹介し理解してもらう、(3) エコツーリズムを推進するホテルやレストランでの照明には最適であり、バナーやパンフレットなどを準備し広く配布する、(4) 各種支援団体や NGO などが電力支援を展開する際には、加茂製の本システムが有効であることを理解してもらう、等の対策を取る。

小規模民間発電業者を対象とするには困難であることが判明しており、上述のようにホテルや

レストランを対象に当面は製品紹介を行うこととする。



設置されたマイクロ水力発電機



設置されたソーラーパネル



コントロールパネルの操作指導



オロミスによるゴミ防止工事

## (2) 提供しようとしている製品・サービス

【製品名】 加茂製ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機

### 【製品の特長】

- ・ 簡単な形状であり、螺旋型の羽根によってゴミに強く、メンテナンスが容易。
- ・ 他の水車と比較して、低落差、小水量にて安定的かつ効率よく発電できる。
- ・ 100 kg以下の軽量で可搬性に優れ、大規模な設置工事の必要なし。
- ・ 材料にステンレスを使っており、防錆の塗装をする必要がない。
- ・ 日本では古くから使用されている形状である螺旋式水車であり、メンテナンスが容易である。
- ・ 羽根は分解、組み立て型のため、万が一の破損の場合はパーツ交換が可能である。
- ・ 豊富な水資源を誇るカンボジア国では水力発電機による24時間の発電が可能であるが、水量が少ない乾季には発電量が不足する恐れがある。不足分の電力をソーラーとのハイブリッド化にすることで補完が可能となる。

#### 【技術の優位性】

- ・ 石川県立大学瀧本教授の技術指導により開発
- ・ (株)日立ニコトランスミッション加茂事業所(旧：新潟コンバーター(株)、事業内容：船舶、鉄道車両等の動力伝達装置及び流体変速機器開発)の企業 OB を開発アドバイザーとして活用。水車の最適形状等について研究開発。
- ・ 2017 年 5 月に設置したシステムは、太陽光発電も併存するハイブリッド型であり、カンボジア国では初の試みである。乾季の水量の少ない時期でも発電が可能である。

#### 【他社との優位性】

- ・ 構造がシンプルで、螺旋式の羽根を採用しているため、既に導入されている中国製やベトナム製の水力発電機と比べゴミに強く、メンテナンスが容易である。
- ・ 水力とソーラーのハイブリッド型のため稼働率が良い。
- ・ 小型、軽量で持ち運びや設置が容易である。
- ・ 発電容量が少なく、基本的に自家消費をメインとした製品であるため、売電を目的とした大企業が開発するマイクロ水力発電とは競合しない。

#### 【金額の優位性】

- ・ 製造原価 約 35 万円
- ・ 海外での予定販売価格 1 台 35 万円と予定したものの、ハイブリッド化によるソーラーパネル等の諸経費、輸送費や各種関税により、2017 年 5 月の機器は 120 万円強となった。日本国内において当組合と同程度の出力のマイクロ水力発電装置の販売金額は大体が 200 万円～300 万円であり、当組合開発の装置は金額的に優位であるものの、カンボジア国ではまだ高価であることに変わりはない。

#### (3) 事業化のためのシナリオ

- ① 本加茂製ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機の耐久性や高性能の実証
- ② 本加茂製ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機の広報を経て、オロミスレストラン及びニッセイカンボジアでの受注につなげることを企画する。オロミスレストランとの協力体制を堅持するとともに、ニッセイカンボジアとのパートナー契約詳細について交渉を継続する。従って、当面は製品の紹介に注力することとする。需要が見込める段階になれば、ニッセイカンボジアとの協議を踏まえ、受注や設置工事等の現地作業を委託する。

#### (4) 事業目標の設定

上記シナリオに記載の通り、本格的な事業化には到達しておらず、当面は製品紹介を推進することとする。事業として実施するより、民間企業や支援団体が農村地域への電化支援事業を計画する際には、本製品を選択肢の一つとして検討してもらえるように、必要な資料や広報活動を継続することとする。

#### (5) 事業対象地の概要（候補地の比較分析、適地選定、技術的調査等）

カンボジア国内に広がる平野部とは異なって、モンドルキリ州は高原地域であり、河川が多

く、マイクロ水力発電機設置に相応しい場所はかなりあると考えられ、対象者が決まれば、購入設置も進むと考えられる。

センモノロム市は水資源が豊富であり、市内各所に河川が存在。また山間部であるため、ある程度の水流の速さも確保できる河川が多く螺旋式水車を設置するのに適している。過去にJICAが小水力発電により当地域を支援しており、今回の事業に関してもセンモノロム市長をはじめ関心度が高く好意的である。

センモノロム市はエコツーリズムを推奨しており、自然エネルギーであるマイクロ水力発電は当地域においてエコツーリズムの象徴になる。

モンドルキリホテルにおける中国製の水車によるホテル内照明、空調への電力供給、観光ホテル内に設置されたベトナム製水力発電機による野外レストランの野外照明への電力供給などマイクロ水力発電による電力供給の経験実績がある。また、コーヒー、胡椒農家への説明会では、規模および発電能力、価格が見合えば、購入したいとの希望表明をした農家も複数あり、市場性が確認された。

自然条件的にはモンドルキリ州及びその北部に隣接するラタナキリ州は、水力発電機或は太陽光発電と併存するハイブリッド型発電機の設置と活用に適している。事実、性能は低いが安価な中国製やベトナム製の水力発電機が既に導入されている。年間を通じてより安定し且つ高性能の発電機が求められている。ソーラーとのハイブリッド型発電機はカンボジア国でも初の試みであり、初期投資資金は高くとも長期的な比較優位性を実際の発電データを活用してアピールすることで、本水力発電機の受注に繋がれるとともに、モンドルキリ州が推進するエコツーリズムにも貢献できると考える。

#### (6) 法人形態と現地パートナー企業の概要

農村地域への電化支援がある際や、実際の受注がある際には、以下に示す様に現地パートナー企業と連携することとする。

「ニッセイカンボジア」は2003年よりカンボジア国でロジスティック業務を主に展開しており、建設、商品調達などの業務も行っている。既述のように、加茂マイクロ水力発電機は水流を活用するため、年間を通した流量の確認、仮設を含めた工事内容の把握と実施にも十分対応可能と考える。加えてロジスティック業務を行っていることから、本邦からの物資輸入や税関などの書類処理の面でも最適な業者である。

2017年9月に同社を訪問し、意見交換を行った際には、本事業に関与してもらえることで了解が得られた。但し、パートナー企業として契約するに際しては発電機納入数や個々の発電機の設置環境などによって経費などが変動することから、契約内容の詳細については、実際の受注後にその都度対応せざるを得ない状況である。

他方、今後の受注に向けて製品の広報活動が重要であるという認識は加茂側とパートナー企業双方で共有しており、加茂側で当該製品の性能や活用事例などを紹介するパンフレットなどを制作して、カンボジア国内での製品紹介に当たることとしている。

2017年5月に当該ハイブリッドシステムの稼働を開始し、同年9月の譲渡式で除幕した宣伝・販売促進を目的としたバナーを掲示した。その結果、2ないし3件の問い合わせがあった。まだ、受注決定まで至っていないが宣伝の効果は出始めている。本体は日本での製造される予定であり、

機材の輸送や通関あるいは搬送、現地のアフターサービスなどを担う代理店業務が必要である。上述の「ニッセイカンボジア」が代理店業務を引き受けてくれることになっており、受注の LOT が決まれば、正式に契約することになっている。

#### (7) 許認可関係

既存の現地パートナー企業と連携することで、新規法人設立等に係る許認可取得の必要性はない。製品のカンボジアへの輸出については、2017 年 5 月に実際に輸出したことで、関連する通関等の手続き、代理店等の確保は完了した。発電機設置に際して水利権等の許認可の必要性はないことは判明している。

再生可能エネルギーを積極的に活用する観点から、税制面の変更があった際には優遇措置を得られるよう、今後カンボジア開発評議会を含めた関係機関への情報収集を現地パートナー企業を通して継続する。

#### (8) リスク分析

大きなプロジェクトのリスクは異常気象で乾季の降雨がなく、水量が確保されないことであるが、これらの地域は年間の降雨量が 1,900mm を超え、過去の実績から見てもそのリスクは限りなくゼロに近い。同時に、ソーラーパネルとのハイブリッド化により、乾季においても発電ができるように改良されているので、この点のリスクは殆ど無いと考える。環境、社会面への配慮についても問題ない。

将来的にはコピー製品の出現リスクに注意は必要と考える。オロミスレストランに設置した発電機はハイブリッド型であり、太陽光と水力発電の同時コントロールには複雑な電気機器の活用が不可欠である。また、オロミスでの発電状況のデータを収集分析している。分析を通して、加茂製発電機の安定した発電性能を具体的な数字で示すことで、加茂製の高性能発電機システムを積極的に広報することで対応することとする。

## 6. 事業計画

#### (1) 原材料・資機材の調達計画

螺旋式マイクロ発電機は組み立て式であり、部品製造に関しては日本で製造調達し現地で組み立てて活用する。現在の段階では原材料を現地調達する考えはない。現地にベトナム製マイクロ水力発電機を輸入設置している企業があり、維持管理作業を委託できるようにする。この業務に関しても、オロミスレストランのオーナーは協力を快諾しており、連携を推進することとする。

2017 年 5 月に設置したハイブリッド型小水力・ソーラー発電機の稼働状況をモニターしており、特にスペアパーツの手当てについて今後の参考資料とする。また、今後の販売においては、水中で稼働するベアリングの消耗が一番の課題であり、製品納入時にスペアのベアリングを複数個納入することで対応する。

ハイブリッド型の場合はソーラーパネルの設置が必要となるが、パネルはセンモノロム市内でも購入が可能である。コントロールパネルについては、本邦において必要なコントローラーやスイッチ等を接続した状態にして、カンボジア国に搬入することで対応する。

## (2) 生産、流通、販売計画

カンボジア国内では、ベトナムや中国製の安価ではあるが故障が多く性能も低い発電機が少なからず活用されている現状である。従って、本調査で扱う螺旋式小水力発電機及び、ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機についてはそれら外国製品と比べて高額であることから、その高性能な製品の紹介を徹底せねばならない。

その上で、カンボジア政府の公共機関としてはセンモノロム市長が本プロジェクトへの全面的な協力支援を約束してくれており、同市長のネットワークを活用して地元コーヒー、胡椒農家、レストラン経営者等販売ターゲットの紹介、設置候補場所の情報、ODA事業の窓口等として情報収集を継続する横断幕(バナー)を併設したハイブリッド型システムの運用と製品や性能紹介はモニタリングとともにオロミスレストランで継続する。JICAの支援は2018年1月末までとなるが、センモノロム市の支援は2017年5月から半永久的に実施してもらうこととなっている。同市長からの2015年11月付けの加茂市長あての親書にある通り、各種機会を活用して加茂市との人材交流を呼びかける。

センモノロム市以外のモンドルキリ州やラタナキリ州への展開に際しては、どちらの州も行政機関を第一の窓口として想定する。また、日本からの各種機材の荷受けに関しては、ニッセイカンボジアを活用する。ニッセイカンボジアとの業務提携内容については、設置場所や設置個数によって設置経費が変動するため、その設定は困難である。従って、例えばCIF価格の2〜3割程度を設置経費として見込んで、見積もりや受注を進めることとする。

- ・ プノンペン市にあるニッセイカンボジアと代理店契約を結んで、同様のターゲットグループあるいは市内各所でPRする。
- ・ 生産は受注生産方式で1回の生産で5基以上を製作することで、特に輸送や通関に係るコストダウンを図る。
- ・ 海外での導入実績を日本国内での営業に活用し、多様な用途に対応できるように製品改善を図るとともに、国内での販売を強化し、売り上げを上げる。
- ・ ホテルやレストラン、資金を有していると考えられる大面積でコーヒーや胡椒を栽培する農家に対して、積極的に製品紹介を行う。イオンマイクロクレジット株式会社がイオン特別銀行株式会社となって信販事業を展開している。オートバイ、家電製品(冷蔵庫、テレビ、洗濯機、DVDなど)、トラクター、コンバインなどもクレジットの対象になっている。オートバイや家電製品は3,000〜5,000ドルを2年間で月2%の利子で返済するとか、トラクターやコンバインになると担保は取らないが、返済できないときは現物を返却してもらい、セカンドハンドとして購入する民間業者が存在しており、融資金額も1万ドルなどの小口ではない場合にも適用されるようになっている。2017年9月に同社を訪問して小水力発電機に対するクレジットの可能性について情報交換したが、クレジットの対象としてはなりえないということであった。

## (3) 要員計画、人材育成計画

- ・ 現地での販売はニッセイカンボジアと代理店契約を結び、メンテナンスに関しては当面はオロミスレストランのスタッフが対応するとともに、将来的にはニッセイカンボジアが主体となって行うように体制を考える。

- ・ 実際に受注した際には設置開始から年2回程度の現地訪問を行い、当発電装置のオーバーホールなどを行う。その際には日常の維持管理作業は購入側で実施可能なように、購入側のスタッフを対象に指導する。
- ・ 電気や配線関係の維持管理作業については、現地の技術者や電気店スタッフを対象とし、設置工事の段階から指導することで適切な維持管理の継続を図る。
- ・ 国内にあっては、加茂商工会議所内に当該発電機を熟知したスタッフを配置し、問い合わせなどに適切に対応する。

#### (4) 事業費積算（初期投資資金、運転資金、運営維持補修資金等）

- ・ 機材製造と調査費用で加茂商工会議所が200万円、外部資金から200万円の小計400万円をすでに使用している。
- ・ 代理店契約およびメンテナンスのためにサービス契約をする予定である。代理契約およびメンテナンス契約については台数ごとに割合を決めて支払うこととする。
- ・ 実際の販売価格については、1発電機の製作費を55万円とした際、カンボジア国への輸送経費、関税、設置経費、現地パートナー企業へのコミッションなどについて、以下の通り試算する。今後は1台あたりの製作費削減や5台以上の受注生産による製作費の削減を図り、それに係る輸送、関税のコストダウンを図る。

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| ➤ 製作費    | 55万円／台                |
| ➤ 輸送経費   | 29万円／台(2017年5月の事例を参考) |
| ➤ 関税     | 15万円／台(2017年5月の事例を参考) |
| ➤ 設置経費   | 10万円／台(2017年5月の事例を参考) |
| ➤ コミッション | 10万円／台                |
| ➤ 諸雑費    | 5万円／台                 |
| 合計       | 124万円／台               |

#### (5) 財務分析（収支計画、事業キャッシュフロー、収益性分析（IRR等））

- ・ これまで記述したように、未確定の部分が多く、財務分析はできない。
- ・ 事業としての成立は難しいが、国内にあっては制作費の削減に取り組むとともに、カンボジア国で事業を展開する企業や支援団体が農村電化事業に取り組む際に当加茂製小水力或はハイブリッド型発電機を使用してもらえよう、広報活動に努める。

#### (6) 資金調達計画

投資額            200万円（機材製造等）、200万円(各種調査)

調達先    自己資金、加茂信用金庫、加茂商工会議所

## 7. 本事業を通じ期待される開発効果

- ・ 今回導入を図っているのは螺旋式マイクロ水力発電機にソーラー発電を組み合わせたソーラー・マイクロ水力発電ハイブリッドシステムであり、ソーラーは昼間、マイクロ水力は夜間に充電し、雨季水量が豊富な時はマイクロ水力を中心にし、もし乾季に水量が減る場合はソーラー発電で補完できるようなシステムになっている。同システムの据え付けを行ったオロミスレストランの支配人は自らセンモノロム市の山からの溪流が流れてきている山間の場所に7棟のコテージ風の宿舎を営んでいる。玄関の照明には小さいソーラーパネルがすでに据え付けられており、野外レストランの照明にはベトナムの水力発電機が使われているなど、再生可能エネルギー利用を行っている。
- ・ モンドルキリ州センモノロム市は自然環境に恵まれ、エコツーリズムが盛んで、リゾートホテルやレストランが多く存在している。ホテルやレストランではエコツーリズム客へのサービスを改善するために、マイクロ水力発電機の導入は適切の方策といえる。ハイブリッド型小水力・ソーラー発電機がこうした観光客に対してホテルやレストランで実際に目に映ることにより、自然環境にやさしい再生可能エネルギーが自然と溶け合っていることでエコツーリズム推進の力となる。
- ・ カンボジア工科大学の再生可能エネルギーの研究グループはエネルギー利用に強い関心を示しており、今回設置されたハイブリッド型発電機を実際に視察してもらうことで、本製品の更なる広報にも繋がるものと考える。
- ・ コーヒー・胡椒農家は質の高い原材料は生産できるが、焙煎や加工技術が不足している。カンボジアの原材料をベトナムへ安く、輸出され、焙煎や加工されてベトナム製品として輸入されている状況にある。カンボジアの農家で安い電力が得られれば、焙煎や加工技術を導入し、製品に付加価値を付けることにより、カンボジア農家の収入の増加につながる。
- ・ モンドルキリ州はもと JICA モンドルキリ小水力地方電化計画の完成により電力供給が本格化するまで、カンボジア国内でも電力供給率は北のラナタナキリ州と同じ最下位グループにあった。上のモンドルキリ州は JICA による小水力地方電化計画により 80%が電化したので、無電化地域から大幅に電化が進んだ地域に変貌を遂げた。電化率の大幅な改善の効果はほかの地域からこの地域へ移り住む人口が増えたことにも如実に表れている。エコツーリズム客の増加に伴ってレストランやホテルの数も増加の傾向を示しており、地域経済の発展にもつながる可能性を有する。
- ・ エコツーリズムの進展には重要な要素 3 つのうち、地元の特産品があげられる。先に挙げたコーヒー・胡椒は十分に特産品としてお土産品になるものである。そのうえ、それらを栽培している農家が自然再生可能エネルギーを使って巧みな農家経営や生活向上の形を示すことができれば、エコツーリズムの魅力を増やすことにつながる。
- ・ 本基礎調査の受注した加茂鉄工業協同組合もマイクロ水力発電機がカンボジア国モンドルキリ州の地域経済の活性化につながることを示されれば、それは加茂市の地域の活性化にもつながる。
- ・ センモノロム市長から、センモノロム市には4コミュン、14の村があり、まだ、電化されていない村が多くあることから、同システムが今後こうした無電化地域へ導入され、設置されることへの要望があった。6日（水）の譲渡式にはセンモノロム市長、EDC モンドルキリ支

所長、鉱工業エネルギー省地方局次長他コミュニケーション長、そのほか関係者 30 名が参加し、2 枚の広報用バナーの除幕式を行った。除幕式におけるバナー及び上記ハイブリッドシステム、除幕式の様子は別紙写真のとおり。

- ・ 2017 年 11 月にはカンボジアプノンペンにある日本人商工会の会長である三井物産（株）カンボジア事務所長経由で、このハイブリッド型小水力・ソーラー発電システムの照会依頼があった。こうした依頼が出てくるのを期待しており、今後もそのやり取り、注文獲得につながることを期待したい。当初より比較的に製品コストが高く、加茂 TEC の技術者の話では注文数が 5 台以上になると製造コストが 40%安くなるなどの試算があったが、注文を実際に得るためには電気発電量と製造コストが明確にならないと最終的な注文には至らない。

## 8. 現地 ODA 事業と連携可能性

### (1) 連携事業の必要性

- ・ マイクロ水力発電機の導入はもともと JICA モンドルキリ小水力地方電化計画の成功の経験に基づいている。同計画の実施により同地域の電化は進んだが、まだ市内より離れた山沿い地域に住む人々には電気が届かず、市内より離れた農家でも安いコストの電力供給ニーズがある。この地域での主要作物であるコーヒー、胡椒を栽培している農家でもやはり電力が不足しており、こうしたマイクロ水力発電機やハイブリッド型発電機の導入がこの地域の電力不足に対する対応策の一つであり、無電化地域あるいは電力不足地域における生活改善につながることを期待される。この方向は JICA の ODA 事業であるモンドルキリ小水力地方電化計画の目的とも合致しており、この JICA による事業との連携は必要不可欠である。
- ・ 地方の州においては国による電化計画推進は遅れており、NGO 等の各種支援団体との連携事業や草の根支援事業等においてこれら発電機の導入を推進することで、無電化地域や電力不足地域における生活改善に資することが可能である。
- ・ 前回の平成 27 年 11 月の調査の時点ではモンドルキリ州の隣のラタナキリ州における小水力地方電化計画が JICA により実施される予定という情報に接したので今回状況を確認したところ、lower Sesan2 というラタナキリ州における小水力地方電化計画が JICA の無償資金協力により実施され、2018 年より運転が開始されることがわかった。ラタナキリ州も本プロジェクトの将来の展開場所にしてもよいと考えられる。モンドルキリ小水力地方電化計画での電化率が 2008 年 12 月時点では 29.5% (465/1560 戸数)、2011 年 12 月時点では 80.5% (1,444/1,795 戸)と増加した。2011 年のモンドルキリ州小水力地方電化計画の供給電力は日最大 618KW であり、その発電能力限界である 670KW に迫っていた。その後も地域の電力増が見込まれており、電力公社（EDC）はベトナムからの電力を輸入する計画立案・実施し、2012 年 1 月 19 日から送電が開始されている。ベトナムからの送電の停止時や渇水で電力不足の時は、JICA より供与されたディーゼル発電施設をバックアップ用に使っている。
- ・ 2017 年 9 月の本基礎調査第 2 次でセンモノロム市長訪問の際に同市長より 2017 年 8 月末までに 6,000 戸への電力供給を達成したとの報告があった。これは驚異的な電力供給の伸びを示しており、小水力発電機のフル稼働とともに電力の不足分はベトナムからの電力輸入で対応しているものと想像される。モンドルキリ州センモノロム市は主要作物としてコーヒーや胡椒を栽培しており、農家においても電力が不足している。こうした地域へのマイクロ水力

発電機の導入は電力不足という開発や生活改善の障害を取り除く手段として農家にとって一つの選択肢になる。この方向は JICA モンドルキリ小水力地方電化計画の方向と整合しており、この JICA 事業との連携が相乗効果を生む。

- ・加茂市は桐のタンスや家具類を作る伝統的な技術、その産品に特色があったが桐のタンスや家具類への国内需要が減り、地域産業として維持して行くことが難しくなっている。地域産業を興し、盛んにならしめるため、それに代わる加茂の技術や特産品を作り出す必要がある。新潟県は造船業の新潟鐵工株式会社があり、下請け産業として金属加工、部品製作工業が発達しており、「Tech x Tech KAMO」が結成された。加茂の桐の容器にモンドルキリのコーヒーや胡椒を包んで入れたお土産物としてエコツーリズムのセンモノロム市に広まり、加茂市にはカンボジアのモンドルキリの質の高いコーヒーと胡椒が手に入るということが広まれば、ブランド化できる。
- ・加茂市には新潟経営国際大学がある。本事業による自然環境へのインパクト、モンドルキリの胡椒やコーヒーへの付加価値化、更には新潟県とモンドルキリ州或は、加茂市とセンモノロム市の人的に文化交流を促進するきっかけにもあると考える。
- ・今回の加茂のハイブリッド型小水力・ソーラー発電システムはオロミスというリゾートホテルに据え付けた。モンドルキリ州の今後の発展の中でこうした再生可能エネルギーが重要な役割を示すメッセージを発信することができたと考える。

## (2) 連携事業の内容と期待される効果

- ・カンボジア国北東部の山間部の無電化地域に JICA モンドルキリ小水力地方電化計画が実施され、センモノロム市の 80%に電力供給画できるようになった。しかしながら、雨季と乾季では水力発電と小規模民間業者のディーゼル発電機による火力発電による電力供給の割合が異なる。これらを効率よく安定供給するためには乾季でも水力発電が使えるようなシステムにしなければならない。水力発電による供給が増えることで、住民が安い電力を享受でき、生活改善が進む。
- ・モンドルキリ州小水力地方電化計画にかかる JICA の無償資金協力は 2006 年 6 月交換公文締結され、2008 年 12 月に事業完了し、同時に本格稼働が始まった。また、同計画の運営・維持管理プロジェクトは 2008 年 12 月より 2011 年 3 月まで JICA の技術協力として実施されている。同プロジェクトの計画時の 2005 年には、モンドルキリ州の州都センモノロム市には、公共のグリッドの電気に接続されておらず、電力供給源は小規模民間業者のみに限られた。また、停電の頻度は高く、電気料金は KWH 当たり約 1,800 リエル～2,300 リエルでプノンペン約 4 倍程度となっていた。したがって、低所得層では電気料金の支払いは不可能に近い状況であった。州都にもかかわらず、センモノロム市の一般所帯電化率は 31.7%（1189 所帯中 377 所帯）であり、地域の活性化や振興を妨げる一因となっていた。プロジェクト完了後の 2009 年には一般所帯電化率は 71.7%（1645 所帯中 1,180 所帯となった。しかも年々増加傾向にあり、2010 年、2011 年と 76.7%（1710 所帯中 1304 所帯）、80.5%（1,795 所帯中 1,444 所帯）と増加している。この結果、対象地域の電力事情は大幅に改善し、飲食店舗や宿泊施設の増加及び移住者や観光客の増加が認められ、観光開発を軸とした地域経済の発展に貢献している。
- ・カンボジア電力会社モンドルキリ支所長からの情報では 2016 年センモノロム市の契約所帯

数は4,000戸、2017年は6,000戸に大幅に増加している。電気料金はセンモノロム市ではKWH当たり、750リエルとなっている。この電力料金でもまだ、プノンペン市より高いので、ソーラー・マイクロ小水力発電機の導入は安い電力が得られることは電力の高い地域においてはエコツーリズムを推進する飲食店舗や宿泊施設の経営者、コーヒーや胡椒農家など地域の観光業を支える貴重な支援協力となる。

- ・ オロミスレストランでは支配人はエコツーリズム推進のために溪流の景観を取り入れた野外レストランや独立したコテージ風宿泊施設、敷地内の野菜畑栽培、とれたて野菜を利用した食事メニューづくり、街灯にソーラー電源利用、野外レストランの照明用にベトナム製の水力発電機利用、モンドルキリの少数民族の民芸品やモンドルキリ州やラタナキリ州でとれる宝石販売、モンドルキリのコーヒーを飲ませるコーヒーショップ経営など欧米諸国のエコツーリストが好む施設経営を行っているパイオニア的な役割を果たしている。この地域産業の振興に貢献したことでフンセン首相より昨年表彰を受けた経緯がある。加茂のハイブリッド型小水力・ソーラー発電機システムは、モンドルキリ州やラタナキリ州などでのエコツーリストや地域のホテルやレストラン等の事業者への再生可能エネルギーシステムとして広く活用ができる。これらの州でのエコツーリズムの推進を通して地元産業の更なる育成と発展に貢献できると考えられる。
- ・ 上記横断幕にはセンモノロム市長及びJICAの後援を取り付けることができた。このハイブリッド型システムはカンボジアでも初めての試みであり、モンドルキリ州だけでなく、2018年にJICAの無償資金協力によるラタナキリ州小水力発電所建設・改修計画はオチュム第一発電所の新設（265kW）と既設のオチュム第二発電所の設備更新（480kW x 2基）からなっており、2018年より稼働が始まる。ラタナキリ州もモンドルキリ州と状況が2005年JICAの小水力地方電化計画がスタートしたころと状況が似ている。ラタナキリ州は農業を主産業とする人口16万人の州であり、人口増加率は年率4%以上と高いが、電化率は16%と低い。一方、当該地域は山岳地域であることから、小水力開発のポテンシャルが高い。
- ・ JICAの民間連携事業の中で、人材の派遣に適用できる民間連携ボランティア制度がある。日本の各企業のニーズに合わせ、受け入れ国、要請内容、職種、派遣期間などを定めておくことができる。ハイブリッド型システムを開発製作した企業にこのシステムの稼働、修理、技術サービス、普及にふさわしい人材がいるので、この派遣制度を利用して現地へ派遣することで、地域間のネットワークづくりをするとともに、モンドルキリ州の隣のラタナキリ州を調査し、更なる需要を発掘することができる。

## 9. 事業開始へのアプローチ

これまで記載したように、性能については問題のない螺旋式小水力発電機及びその改良型としてのハイブリッド型小水力・ソーラー発電機であるが、高性能の本製品を関係者に理解してもらうことが先ず重要である。

その為には当該製品の紹介・広報活動を積極的に展開することが不可欠である。既にカンボジア国から2件ほどその製品問い合わせを受けているが、そういった問い合わせに対して不足なく対応する体制と手段を確保する必要がある。

併せて、性能は低いものの価格面では圧倒的に有利な状況にある中国製やベトナム製の水力

発電機に対抗する手段を講じる必要がある。小水力発電機とはいえ、その設置のためには設置候補地の現況確認、より最適な設置方法の検討を経て実際の設置工事を行う必要がある。複数の発電機の設置を基本とする活用案を示すことで、市場に出る戦略とすることも重要である。以上を踏まえ、今後の対応策を以下に示す。

#### (1) 国内活動

- ・ オロミスレストランに設置された第 5 号機の稼働状況を定期的にモニタリングし、その情報を国内での発電機開発や改良に活用する。
- ・ 現在展開している 6 号機の実証活動成果を含めた、加茂式小水力発電機の製品や性能を紹介すべく広報資料を作成し、カンボジア国での PR 活動を展開する。
- ・ 発電機製作単価の低減とともに、複数の発電機を活用した発電システムに関する資料を作成し、関係者や機関へ発信する。
- ・ 図 2 に示した「地域分散型エネルギー供給システム」における小水力や太陽光を活用したシステムの具体例として、別添 3 に示す。今後このシステム導入に係る作業工程や経費などを積算し、カンボジア国での電力支援に当たる可能性のある企業や支援団体に対して発信することとする。

#### (2) 現地活動

- ・ 作成される資料や広報材料を活用して、当該水力発電機の製品紹介を継続する。
- ・ 現地パートナー企業を通して、カンボジア国の電力事情や税制関連情報の収集と分析にあたり、より製品開発に役立てる。
- ・ 現地進出企業や各種援助支援組織による無電力地域への支援計画がある際には、加茂式発電機を活用してもらえるように積極的な PR 活動を展開する。

## 参考引用文献

- 一般社団法人 海外農業開発コンサルタント協会 (ADCA) (2014 年 3 月) 「海外技術協力促進検討事業 官民連携技術協力促進検討調査 自然再生エネルギー (小水力) 現地調査報告書 カンボジア国」
- 一般社団法人 海外農業開発コンサルタント協会 (ADCA) (2015 年 3 月) 「平成 26 年度 海外技術協力促進検討事業 官民連携技術協力促進検討調査 自然再生エネルギー (小水力) 最終報告書」
- Electricite du Cambodge Department of the Rural Electrification Fund (2017) 「Report on Transferring the Benefits Resulting from the Development of Electricity to the Population in Rural Area for the Year 2016」
- Japan International Cooperation Agency(JICA) The Chugoku Electric Power Co., Ltd. (March 2012) 「Data Collection Survey on electricity Power Sector in Cambodia Final Report」
- 株式会社アースアンドヒューマンコーポレーション (2012 年 8 月) 金子真知 「モンドルキリ州小水力電化計画」  
([https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2011\\_0600200\\_4\\_f.pdf](https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2011_0600200_4_f.pdf))
- World Bank (June 2010) 「Addressing the Electricity Access Gap (Background Paper for the World Bank Group Energy Sector Strategy)」  
(<http://documents.worldbank.org/curated/en/258831468147865178/pdf/690620ESW0whit0s0Gap0Final0Version.pdf>)
- 新潟県加茂商工会議所 (2017 年 4 月) 「開発試験報告 カンボジア王国 (JICA) らせん式水車と太陽光発電のハイブリッド装置 (5 号機)」 (未定稿)
- 日本貿易振興機構 (ジェトロ) プノンペン事務所 (2017 年) 「カンボジアの経済、貿易、投資環境と進出日系企業について」  
National Strategic Development Plan 2014-2018 Royal Government of Cambodia (カンボジア国家戦略開発計画 2014-2018) 2014 年 10 月 01 日  
Report on Power Sector (2013) Electricity Authority of Cambodia

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p><b>ខេត្តមណ្ឌលគិរី</b><br/><b>រដ្ឋបាលក្រុងសែនមនោរម្យ</b><br/>លេខ: ០០៧/០១៥.៨៣៣.សម</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា</b><br/><b>ជាតិ សាសនា ព្រះមហាក្សត្រ</b></p> <p><b>សែនមនោរម្យ.ថ្ងៃទី ០៣ ខែ វិច្ឆិកា ឆ្នាំ ២០១៥</b></p> |
| <p><b>លិខិតផ្តល់អាណត្តិ</b></p> <p><b>សូមគោរពជូន</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |
| <p><b>Mr. Koike Kiyohiki Mayor Kamo City</b><br/><b>និង</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                   |
| <p><b>ក្រុមសភាពាណិជ្ជកម្ម នីក្រុងកាម៉ូ នៃប្រទេសជប៉ុន</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                   |
| <p>យើងខ្ញុំក្នុងនាមជាថ្នាក់ដឹកនាំរដ្ឋបាលក្រុងសែនមនោរម្យ និងក្នុងនាមខ្លួនខ្ញុំផ្ទាល់ មានសេចក្តីសោមនស្សរីករាយយ៉ាងក្រៃលែង និងសូមថ្លែងអំណរគុណដ៏ជ្រាលជ្រៅ ចំពោះលោក អភិបាលក្រុង និងក្រុមសភាពាណិជ្ជកម្មនីក្រុងកាម៉ូ នៃប្រទេសជប៉ុន ដែលបានឧបត្ថម្ភវិវត្តសន្តិសុខភូមិ ១គ្រឿង និងផ្ទាំងកញ្ចក់ពន្លឺព្រះអាទិត្យ ( Loar ១ set ) ដល់សាលាក្រុងសែនមនោរម្យ ដើម្បីជាប្រយោជន៍បម្រើដល់រដ្ឋបាលសាធារណៈ និងប្រជាពលរដ្ឋក្នុងក្រុងទាំងមូល តាមតម្រូវចាំបាច់ ដែលកំពុងជួបប្រទះការខ្វះខាតមួយចំនួន នូវអគ្គីសនីសម្រាប់ប្រើប្រាស់ប្រចាំថ្ងៃ របស់រដ្ឋបាលក្រុងសែនមនោរម្យ ខេត្តមណ្ឌលគិរី យើងខ្ញុំនេះ ។</p> <p>ក្នុងនាមថ្នាក់ដឹកនាំរដ្ឋបាលក្រុងសែនមនោរម្យ ស្នើសុំឲ្យមានគម្រោងទៅទស្សនៈកិច្ច នៅទីក្រុងកាម៉ូ នៃប្រទេសជប៉ុន ក្នុងគោលបំណង វិភាគចំណងសាមគ្គីភាព មិត្តភាព រវាងក្រុងសែនមនោរម្យ ខេត្តមណ្ឌលគិរី នៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា ជាមួយ និងទីក្រុងកាម៉ូ នៃប្រទេសជប៉ុន ហើយក៏ស្នើសុំឲ្យថ្នាក់ដឹកនាំទីក្រុងកាម៉ូ នៃប្រទេសជប៉ុនមានដំណើរទស្សនៈកិច្ចមកក្រុងសែនមនោរម្យខេត្តមណ្ឌលគិរីផងដែរ។</p> <p>អាស្រ័យហេតុនេះ សូមលោក អភិបាលក្រុង និងក្រុមសភាពាណិជ្ជកម្មនីក្រុងកាម៉ូ នៃប្រទេសជប៉ុន ទទួលនូវការគោរពស្រឡាញ់រាប់អានដ៏ស្មោះស្ម័គ្រ អំពីយើងខ្ញុំទាំងអស់គ្នា។</p> <p>សូមគោរពជូន ឯកឧត្តម លោកជំទាវ លោក លោកស្រី អ្នកនាង កញ្ញា និងប្រជាពលរដ្ឋនៅទីក្រុងកាម៉ូ នៃប្រទេសជប៉ុន សមប្រកបតែសេចក្តីសុខ សេចក្តីចម្រើន និងទទួលបានជោគជ័យគ្រប់ការកិច្ចការងារ ។</p> |                                                                                                                                   |
| <p><br/><b>ឧប-និម្មល</b></p> <p>អាសយដ្ឋាន: ភូមិដើមស្រល់ សង្កាត់មនោរម្យ សាលាក្រុងសែនមនោរម្យ ខេត្តមណ្ឌលគិរី លេខទូរស័ព្ទ: 011 8169 77, 097 7816977<br/>Email. measchanny@gmail.com</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                   |

*(Unofficial translation)*

**Kingdom of Cambodia  
Nation Religion King**

Mondulkiri Province  
Senmonorom City  
No. 077/015

Senmonorom, November 3, 2015

**Thank Letter**

To

Mr. Koike Kiyohiki, Mayor of KAMO City

And

KAMO Chamber of Commerce and Industry

We on behalf of the leaders of Senmonorom city and myself are very pleased and deep thank to the Mayor of KAMO city and delegation of KAMO Chamber of Commerce and Industry which donated a set of micro-hydro power generator and solar generator to Senmonorom city for the benefit of public service and citizens of the city which are experiencing a shortage of electricity for the daily usage.

On behalf of the leader of Senmonorom city, I would like asking to plan to visit KAMO city for the purpose of promoting friendly and cooperative relations between Senmonorom city and KAMO city and I also would like asking the leaders of KAMO city to visit Senmonorom city.

Please accept, the Mayor of KAMO city and the delegations of KAMO Chamber of Commerce and Industry, the assurances of my highest consideration.

We would like wishing Excellency, Ladies, Gentlemen and the citizens of KAMO city to get happiness and successful.

Mayor

Long Vibol

別添 2 : オロミスレストランと交わした合意書

**Memorandum**

We, the Kamo Team (Mr. Hiroshi Akema and other five members) and the Oromis Restaurant (General Manager, Mr. Huy Hay), have closely discussed and exchanged views in terms of initiating the Project on installation and operation & maintenance of Kamo's Hybrid Solar-Micro Hydraulic Electricity Generating System (the Kamo System)

On May 24<sup>th</sup>, 2017, at the Oromis Restaurant in Senmonorom, the Oromis Restaurant confirmed and received the Kamo System with the conditions in the following;

1. The operation and maintenance shall be taken care by the Oromis staffs in the way of 'Monitoring Sheet' in the attached. The two staffs shall be engaged in the operation and maintenance work as is guided by the Kamo Team and managed by General Manager. Mr. Huy Hay has recently be rewarded from the Prime Minister, Hun Sen for his contribution to good promotion of eco-tourism development, using renewable energy. The two staffs named as Mr Um Samorn and Mr. Kong.
2. The Oromis General Manager shall take his action to introduce the Kamo System to some businesses personals and inform the Kamo Team of their interests in making an order. With new orders made, if the new order should be more than five units, the CIF price could be estimated to be cheaper.
3. The Kamo System could possibly be estimated to be used for ten years and longer years with the condition of every three years 'replacement of Part bearing (4 pieces) and for three times replacement during the first ten years. The total of the bearings will be 12 sets, which could be included.

May 25<sup>th</sup>, 2017

KAMO TEAM  
Leader

明間 浩

Mr. Hiroshi AKEMA

OROMIS RESTAURANT  
General Manager

H H

Mr. Huy HAY

別添 3 : ハイブリッド発電システム事例

